

國立中興大學教材

空間生態學 講義稿彙集

國立中興大學森林系

馮豐隆編著

國立中興大學森林調查測計研究室

中華民國九十九年十月

空間生態學 PPT

目錄

2006 地景生態學-鄔

1-景觀生態學中的基本概念.....	1
2-景觀格局的形成、結構和功能特徵.....	5
3-空間生態學的重要理論.....	14
4-等級嵌塊動態範例.....	19
5-格局的分析方法.....	23
6-景觀模型.....	31
7-3S 遙感地理資訊系統	35
8-景觀生態學應用	41

2004 Landscape ecology (Turner)

CH1.Introduction to Landscape ecology.pdf	46
CH2.The Critical Concept on Scale.pdf.....	49
CH3.Introduce to Models.pdf.....	52
CH5.Quantifying Landscape Pattern.pdf	55
CH6.Neutral Landscape Models.pdf	61
CH7.Landscape Disturbance Dynamic.pdf	65
CH8.Organisms and Landscape Pattern.pdf.....	69
CH9.Ecosystem Processes in the Landscape.pdf	75
CH10.Applied Landscape Ecology.pdf	87
CH11.Conclusions and Future Directions.pdf.....	92

2006 景觀生態理論與實務(Turner)

景觀生態理論與實務-第一章 Introduction to Landscape Ecology	96
景觀生態理論與實務-第二章 The Critical Concept on Scale.....	101
景觀生態理論與實務-第三章 Introduce to Models	105
景觀生態理論與實務-第四章 Causes Landscape Pattern	113
景觀生態理論與實務-第五章 Quantifying Landscape Pattern	121
景觀生態理論與實務-第六章 Neutral Landscape Models.....	128
景觀生態理論與實務-第七章 Landscape Disturbance Dynaics	135
景觀生態理論與實務-第十一章 Conclusions and Future Directions	140

景觀生態學中的基本概念

景觀生態學中的基本概念

- 景觀和景觀生態學
- 景觀生態學的研究範疇
- 格局、過程、尺度
- 空間異質性和組織性
- 生態學干擾
- 組織-廊道-基底模式

景觀和景觀生態學

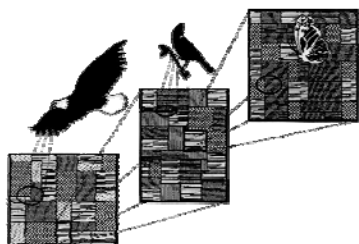
- 景觀(landscape):
可概括為**狹義景觀**和**廣義景觀**兩種
- **狹義景觀**:
指幾十公里到幾百公里範圍內，由不同生態系統組成的、具有重複性格局的異質性地理單元
- **廣義景觀**:
包括從微觀到宏觀不同尺度上的，具有異質性或組織性的空間單元。
廣義景觀概念強調空間異質性，景觀的絕對空間尺度隨研究對象、方法和目的而變化

景觀和景觀生態學

- 景觀生態學的定義：
是研究景觀單元的類型組合、空間配置及其與生態學過程相互作用的綜合性學科
強調空間格局、生態學過程與尺度之間的相互作用是景觀生態學研究的核心所在

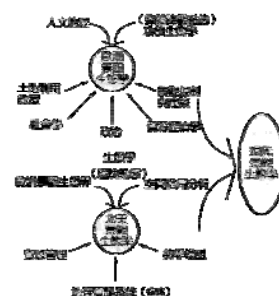
景觀和景觀生態學

- 如圖所示，不同物種對空間異質性的感官尺度不同，因此研究蝴蝶種群的景觀往往要比研究鷹類種群的景觀要小得多



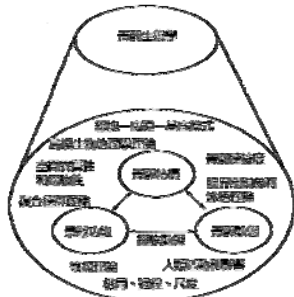
景觀和景觀生態學

- 歐洲和北美景觀生態學發展特點及關係



景觀生態學的研究範疇

- 景觀生態學研究的主要對象、內容及一些基本概念和理論



景觀生態學的研究範疇

- **景觀結構：**
即景觀組成單元的類型、多樣性及其空間關係
- **景觀功能：**
即景觀結構與生態學過程的相互作用，或景觀結構單元之間的相互作用
- **景觀動態：**
即指景觀在結構和功能方面隨時間的變化

景觀生態學的研究範疇

- 景觀生態學研究的重點主要集中在下列幾個方面：
 - 空間異質性或格局的形成和動態及其與生態學過程的相互作用
 - 格局-過程-尺度之間的相互關係
 - 景觀的等級結構和功能特徵以及尺度推釋問題
 - 人類活動與景觀結構、功能的相互關係
 - 景觀異質性（或多樣性）的維持和管理

格局、過程、尺度

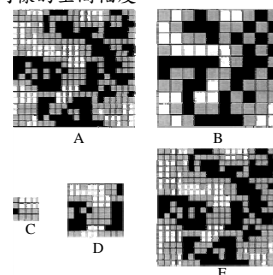
- **格局：**
是指空間格局，廣義來說，它包括景觀組成單元的類型、數目以及空間分布與配置
 - **過程：**
則是強調事件或現象的發生、發展的動態特徵
- 景觀生態學經常涉及到多種生態學過程，像是種群動態、種子或生物體的傳播、補食者-獵物相互作用、群落演替、干擾傳播、物質循環、能量流動等等

格局、過程、尺度

- **尺度：**
是指在研究某一物體或現象時所採用的空間或時間單位，同時又可指某一現象或過程在空間和時間上所涉及到的範圍和發生的頻率
分別分為**空間尺度**和**時間尺度**
- **粒度(grain)和幅度(extent)：**
在景觀生態學中，尺度往往以粒度(grain)和幅度(extent)來表達
粒度為最小可辨識的空間或時間單元，而幅度是指研究對象在空間或時間上的持續範圍或長度

格局、過程、尺度

- **空間粒度和幅度：**
A、C、D和E具有同樣的空間粒度
而A、B和E則具有同樣的空間幅度



格局、過程、尺度

□ 尺度和比例尺：

在生態學中，大尺度（或粗尺度，coarse scale）是指大空間範圍或時間幅度，往往對應於小比例尺、低分辨率；而小尺度（或細尺度，fine scale）則常指小空間範圍或短時間，往往對應於大比例尺、高分辨率。

□ 尺度推釋(scaling)：

是指把某一尺度上所獲得的資訊和知識擴展到其他尺度上，或者通過在多尺度上的研究而探討生態學結構和功能跨尺度特徵的過程

空間異質性和綴塊性

□ 空間異質性：

空間異質性(spatial heterogeneity)是指某種生態學變量在空間分布上的不均勻及複雜程度一般可理解為空間綴塊性(patchiness)和空間梯度(gradient)的綜合反映

□ 綴塊性：

綴塊性強調綴塊的種類組成特徵及其空間分布與配置關係，在概念上比異質性更為具體化

□ 梯度：

梯度則指沿某一方向景觀特徵有規律地逐漸變化的空間特徵

空間異質性和綴塊性

□ 空間異質性：

空間異質性依賴於尺度（粒度和幅度），粒度和幅度對空間異質性的測量和理解有著重要的影響（如下圖）。空間異質性的確定還與數據類型有關。

空間格局、異質性和綴塊性是相互聯繫，但又略有區別的一組概念。它們最重要的共同點就是強調景觀特徵在空間上的非均勻性，及其對尺度的依賴性。

空間異質性和綴塊性

- 當景觀幅度（整個研究區域，圖中虛線框）和粒度（樣方獲取樣面積，圖中實線框）改變時，生態學家所觀察到的空間異質性也隨之變化



生態學干擾

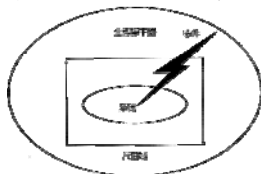
□ 生態學干擾：

生態學干擾是指發生在一定地理位置上，對生態系統結構造成直接損傷的、非連續性的物理作用或事件

□ 生態學干擾的種類：

- 系統
- 事件
- 尺度域

系統具有一定的尺度域，而干擾事件來自於系統外部，並發生在一定尺度上。例如，受干擾種群可能在其內部出現種群密度小於周圍種群密度的情況



生態學干擾

□ 特定尺度上的干擾：

- 離散性干擾(discrete disturbance)
指造成有明顯邊界綴塊的干擾。例如，火災、放牧、森林砍伐等干擾活動。
- 擴散性干擾(diffuse disturbance)
是指在某一尺度上增加系統整體的異質性，但並不產生邊界明顯綴塊的干擾。比如，一場颱風也許不會颶倒許多樹，但仍然會使林冠比原來更鬆闊一些，使得林下生物能更好地利用光等資源

綴塊-廊道-基底模式

□ 綴塊-廊道-基底：

Forman和Godron(1981, 1986)在觀察和比較各種不同景觀的基礎上，認為組成景觀的結構單元不外乎三種

■ 綴塊(patch)

綴塊泛指與周圍環境在外貌或性質上不同，並具有一定內部均質性的空間單元

■ 廊道(corridor)

廊道是指景觀中與相鄰兩邊環境不同的線性或帶狀結構

■ 基底(matrix)

基底則是指景觀中分布最廣、連續性最大的背景結構

問題

- 在生態學干擾的部分有提到，當判別一個事件是否為干擾時，將依賴於尺度、事件強度以及系統的本質。並且一個尺度上的干擾並非是所有尺度上的干擾。假設以蝴蝶效應為例，一個在A地揮動的蝶翼造成B地的颶風。那麼前面所提到的尺度是指何種尺度（蝴蝶或是蝴蝶所造成影響的尺度）？

景觀格局(pattern)的形成、結構和功能特徵

報告者：葉怡欣
2006/9/20

導論

- 景觀格局：景觀的空間結構特徵，空間綴塊性是景觀格局最普遍的形式，表現在不同尺度上。
- 景觀格局影響生態學過程：結構→功能；格局→過程。

導論

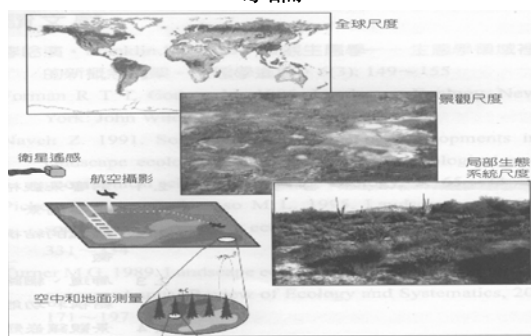


圖 2-1 自然界的空間綴塊性
空間綴塊性是自然界中最普遍的現象，它表現在大小不同的尺度上

景觀格局(pattern)的形成、結構和功能特徵

- 一. 影響景觀格局形成的主要因素
- 二. 綴塊(patch)的結構和功能特徵
- 三. 廊道(corridor)、網路(network)與基底(matrix)的結構和功能特徵
- 四. 景觀鑲嵌體(mosaics)格局和生態學過程

一、影響景觀格局形成的主要因素

主要因素的類型

- 非生物的(物理的)：提供景觀格局的物理模板，是生物的和人爲的成因之間相互作用的基礎。其空間異質性的變化很緩慢，多視為靜止。
- 生物的：僅在較小的尺度上起作用。
- 人爲的

不同的因子，在不同的尺度上來說，對景觀格局的影響是會改變的。

一、影響景觀格局形成的主要因素

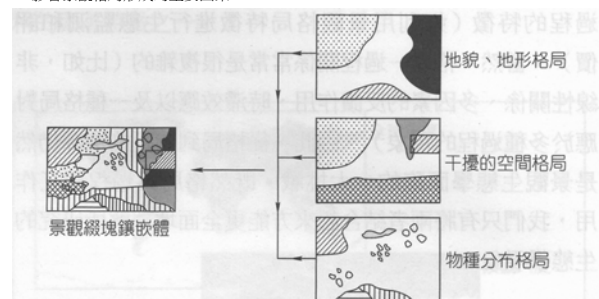


圖 2-2 景觀格局的多來源特徵

景觀格局往往是由地貌、地形和氣候條件、干擾體系以及生物過程相互作用的產物（根據 Hobbs, 1992 改繪）

一、影響景觀格局形成的主要因素

綴塊(patch)性

- 自然的和人為的干擾是不同尺度上景觀綴塊性形成的最重要因素；人為干擾(森林砍伐、城市化)常造成高度的景觀(和生境)破碎化。自然綴塊性有利於生境多樣性，是生物多樣性的重要決定因素之一。

一、影響景觀格局形成的主要因素

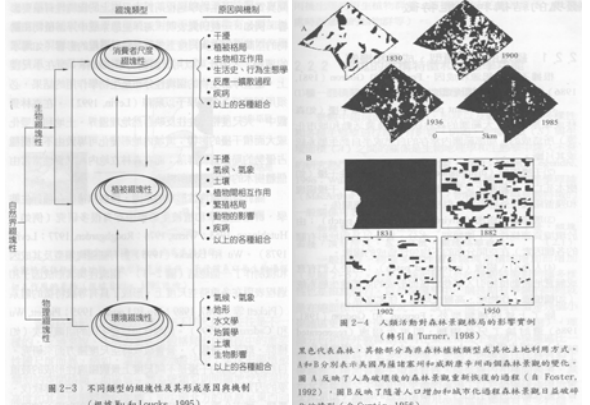


圖 2-3 不同類型的綴塊性及其形成原因與機制 (根據 韋和 Loucks, 1995)

圖 2-4 人類活動對森林景觀格局的影響實例 (轉引自 Turner, 1989)

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊(patch)的類型介紹

- 殘留綴塊(remnant patch)：大面積干擾造成，局部範圍內倖存的自然或半自然生態系統或其片段。
- 干擾綴塊(disturbance patch)：局部干擾造成的小面積斑塊，與前者在外部形式上有反正對應關係。
- 環境資源綴塊(environmental resource patch)：環境資源條件在空間分布不均勻所造成。
- 人為引入綴塊(introduced patch)：人為將動植物引入而形成的局部生態系統。

(Forman and Godron, 1981, 1986)

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊(patch)的類型介紹

- 再生綴塊(regenerated patch)：在遭破壞的地段上再次出現的生態系統，形式上與殘留綴塊類似。
- 短生綴塊(ephemeral patch)：由於環境條件短暫波動或動物活動引起，持續期很短的綴塊

(Forman and Godron, 1981, 1986)

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊的結構特徵和生態學功能

- 種—面積關係和島嶼生物地理學理論：基於島嶼生物地理學理論(MacArthur and Wilson, 1967)，物種豐富度與景觀特徵的一般關係可表達為：

物種豐富度(或種數) = f (生境多樣性，干擾，綴塊面積，演替階段，基底特徵，綴塊隔離程度)

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

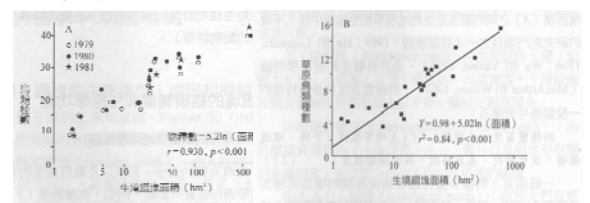


圖 2-5 鳥類種數與其生境綴塊面積的關係

A. 美國伊利諾斯州東部當地繁盛的鳥類種數與林地面積的關係 (根據 Blake and Karr, 1987)；B. 美國伊利諾斯州草原區繁盛鳥類種數與草原生境綴塊碎片面積的關係 (根據 Berkert, 1994)

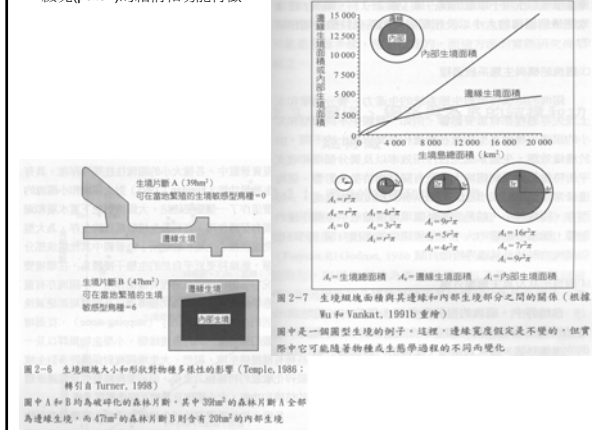
種—面積關係：SLOSS問題：一個大保護區還是幾個小保護區更有利於保護物種多樣性？A：大面積→生境敏感種；小面積→踏腳石(stopping-stone)

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊的結構特徵和生態學功能

- 邊緣效應(edge effect)：綴塊邊緣部份由於受外圍影響而表現出與綴塊中心部份不同的生態學特徵。綴塊周界常具有較高的物種豐富度和初級生產力(如Laurance 和 Yensen, 1991; Wu 和 Vankat, 1991; Chen等, 1992; Didham 和 Hammond, 1998)。
- 綴塊核心區能夠提供內部種(interior species)的生境；而綴塊邊緣則可提供邊緣種(edge species)的生境。

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵



二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊的結構特徵和生態學功能

- 綴塊結構與生態系統過程：綴塊邊緣常常是風蝕或水土流失引發處，或程度較嚴重處。
- 綴塊越小，越易受到外圍環境或基底中各種干擾的影響。影響的大小跟綴塊的面積、形狀、以及邊界特徵有關。

二、綴塊(patch)的結構和功能特徵

綴塊的結構特徵和生態學功能

- 綴塊形狀及其生態學效應：自然綴塊→不規則-複雜形狀；人爲綴塊→規則-幾何形狀。
- 綴塊形狀的描述：長寬比、周界一面積比、以及分維數等。
- 綴塊周界-面積比值越小→越「緊密」→有利於保緒能量、養分與生物；反之，有利於綴塊內部與外圍環境的相互作用(特別是能量、物質和生物的交換)。

三、廊道(corridor)、網路(network)與基底(matrix)的結構和功能特徵

廊道(corridor)

- 廊道(corridor)的重要結構特徵：寬度、組成內容、內部環境、形狀、連續性及其與周圍綴塊或基底的相互關係。
- 廊道(corridor)的主要功能：
 - 生境
 - 傳輸通道
 - 過濾和阻抑作用
 - 能量、物質和生物的源(source)或匯(sink)

三、廊道(corridor)、網路(network)與基底(matrix)的結構和功能特徵

廊道(corridor)的分類

- 廊道(corridor)的分類可依其形成原因和組成內容(生態系統)來進行：
 - 依形成原因：
 - 干擾型
 - 殘留型
 - 環境資源型
 - 再生型
 - 人爲引入型。
 - 依組成內容(生態系統)：森林廊道、河流廊道、道路廊道。

三、廊道(corridor)、網路(network)與基底(matrix) 的結構和功能特徵

網路(network)

- 網路(network)：由廊道相互交叉形成，使廊到與綴塊和基底之間的相互作用複雜化。
- 網路(network)的獨特結構特點：
 - 網路密度(network density)：廊道數目/面積
 - 網路連接度(network connectivity)
 - 網路閉合性(network circuitry)：閉合迴路的程度

三、廊道(corridor)、網路(network)與基底(matrix) 的結構和功能特徵

基底(matrix)

- Forman (1995)認為，識別空間上的高度連續性
 - 景觀總體動態的支配作用

基底可以看作是景觀中佔主導地位的綴塊，而許多廊道可以看作是狹長型的綴塊。

四、景觀鑲嵌體(mosaics)格局和生態學過程

定量描述景觀綴塊體空間特徵

特徵	描述
綴塊大小分布	某類綴塊類型的大小分布特徵 (如對數正態分布、均勻分布等)
邊界形態	邊界的長度、高度、連續性和曲折性 (如分數數)
綴塊的凸出	綴塊的邊界長度與其面積的比值，反映綴塊的形狀
綴塊的走向	綴塊的走向與有向性的邊界 (如河流、生物運動等) 的空間位置
基底	與綴塊直接聯繫在一起的基底生成或景觀中的主要組成類型
對比度	通過某一邊界時和鄰近綴塊之間的差別程度
連接度	綴塊間通過廊道、網絡而連結在一起的程度
豐富度	某一地區內綴塊類型的數目
均勻度	景觀綴塊體中不同綴塊類型在其數目或面積方面的均勻程度
綴塊類型分布	綴塊類型在空間上的分布結果
可變異性	物種或種為空間自相關性，即某一生態學特徵在其鄰近的空間上表現出的相關程度

- 可測量的景觀鑲嵌體特徵包括一些直觀的指標

四、景觀鑲嵌體(mosaics)格局和生態學過程

能量、物質與生物的運動方式

- 主要是透過風、水、飛行動物、地面動物以及人五種媒介來運動。而主要的運動方式有三種：
 - 擴散(diffusion)： $Q = -k \cdot \nabla C$ (擴散通量 = -擴散係數 * 該物質或種群的濃度或密度梯度)
 - 物流(mass flow)：受重力支配，包括河流、地表和地下逕流。
 - 攜帶運動(locomotion)：動物和人在景觀中的活動對能量、物質與生物體在空間上的重新分配。常造成能量、物質和生物在空間上的高度聚集。

四、景觀鑲嵌體(mosaics)格局和生態學過程

景觀鑲嵌體(mosaics)格局和生態學過程

圖 2-8 景觀空間格局對生態系統養分循環以及河流水質的影響。氮和磷在某一流域內沿著地形梯度，隨著水分的運移，從農田經過河濱森林植被，進入河流 (數據來自 Peterjohn 和 Correll, 1984)

實例解說

實例解說



實例解說



實例解說



實例解說



實例解說-Factors Affecting Zonation

- **Physical Factors:** include salt stress, availability of nutrients, and submersion stress associated with elevation. Nutrients important to plant growth and metabolism (sodium, chlorine, and potassium) are replenished in the lower zones of the marsh by tidal influx and are generally less abundant in the higher marsh. Submersion stress decreases as elevation increases, and salinity is highest in the mid-marsh and lowest in the high marsh due to run-off from the terrestrial ecosystem.

實例解說-Factors Affecting Zonation

- **Competition:** While physical factors determine the lower boundary of a salt marsh species distribution, its upper boundary is determined by competition. *Juncus* dominates the upper marsh not because of its ability to tolerate harsh physical conditions, but because it is a superior competitor.

Reference:

http://academic3.bowdoin.edu:9780/environmental_studies/courses/s04/es330s04/salt_marsh/... 2006/9/19

問題與討論

- 您認為景觀格局中最小的結構單位是？
- 試著在右圖中，指認出兩種尺度的景觀格局。



景觀生態學中的一些重要理論

陳昀生

簡報大綱

1. 島嶼生物地理學理論
2. 複合種群的理論
3. 景觀連接度和滲透理論
4. 等級理論和景觀複雜性

島嶼生物地理學理論

- 島嶼生物地理學理論的主要內容
- 島嶼生物地理學理論的數學模式
- 島嶼生物地理學理論的驗證與應用

島嶼生物地理學理論的主要內容

- 島嶼理論被廣泛地應用到島嶼狀生境的研究中。就其空間規模而言，小到樹葉、個體植株的「微島」，大到自然保護區和景觀地理單元的「大島」。

島嶼生物地理學理論的主要內容

- 生態學家注意到物種豐富度隨島嶼面積或陸地群落的取樣呈單調增加的趨勢。
- Williams (1964) 認為，面積與生境多樣性成正相關，因此，物種豐富度與面積亦必然成正相關。
- Connor 和 McCoy (1979) 認為，島嶼生物類群可看做是來自種源生物群落的子集或樣本，因此，物種豐富度是取樣面積和頻度的函數。

島嶼生物地理學理論的主要內容

- 島嶼物種豐富度取決於兩個過程：物種遷入(immigration)和絕滅(extinction)
- 對於某一島嶼而言，遷入率和絕滅率將隨島嶼中物種豐富度的增加而分別呈下降和上升趨勢。
- 當遷入率與絕滅率相等時，島嶼物種豐富度達到動態平衡狀態，即雖然物種的組成在不斷更新，但其豐富度數值保持相對不變。

島嶼生物地理學理論的數學模式

• 島嶼生物地理學理論的數學模型

- 對於某一島嶼而言，MacArthur-Wilson理論的數學模型(簡稱M-W模型)可以下列一階常微分方程表示：

$$\frac{dS(t)}{dt} = J(s) - e(s)$$

式中 $S(t)$ 表示 t 時刻的物種豐富度， J 是遷入率， e 是絕滅率

島嶼生物地理學理論的數學模式

- MacArthur-Wilson指出非線性凹形曲線比直線能更合理地反映種遷入率和種絕滅率與種豐富度的關係
- 傳播能力最強的種有可能是最早的定居者，而競爭力最弱的種最有可能先絕滅
- 隨著物種增加，逐漸增強的種間競爭作用將會使絕滅率大致呈指數上升

島嶼生物地理學理論的數學模式

- 同種個體的不斷遷入可能減少島嶼種群的滅絕率，該現象稱為「**援救效應**」(rescue effect)，因此隔離距離不僅會影響遷入率，而且會影響到滅絕率。
- 島嶼面積越大，其截獲傳播種的機率越大，因此面積不僅影響絕滅率，同時還會影響遷入率。這一現象稱為「**目標效應**」(target effect)。

島嶼生物地理學理論的數學模式

- 島嶼種豐富度的平衡狀態可分為四個階段：
 - 暫時性的非相互作用(non-interactive equilibrium)
 - 種群個數尚小，種內作用微弱
 - 相互作用平衡(interactive equilibrium)
 - 隨著種群個數增加，種間競爭作用對遷入率和滅絕率產生影響。
 - 選擇平衡(assortative equilibrium)
 - 一個非隨機的、協同適應的分類群逐漸形成
 - 演化平衡(evolutionary equilibrium)
 - 包含自然選擇對豐富度的影響，反映了種間和種與環境間的適應性，以及新種形成與原有種絕滅之間的平衡

島嶼生物地理學理論驗證與應用

• 島狀生境必須同時滿足下述五個標準：

- 顯著的種-面積相關關係
- 種豐富度平衡狀態的存在
- 種豐富度方差與均值之比小於或等於0.5
- 具有可測得出的距離效應

複合種群理論

- 複合種群的概念
- 複合種群的類型
- 複合種群的模型

複合種群的概念

- 傳統的種群理論是以「均質種群」為對象的，即假定種群生境的空間連續性和質量均勻性，而且所有個體呈隨機或平均分佈，個體之間有同樣的相互作用的機會。

複合種群的概念

- 複合種群的定義可分為兩種：
 - **狹義概念**—強調複合種群必須表現出明顯的局部種群周轉（即局部生境嵌塊體中生物個全部消失，爾後又重新定居，如此反覆過程）
 - **廣義概念**—即所有占據空間上非連續生境嵌塊體的種群合體，只要嵌塊體之間存在個體（對動物而言）或繁殖體（對植物而言），不管是否存在局部種群周轉現象，都可以稱為複合種群

複合種群的類型

- 複合種群的類型
 - 第一類：經典型或Levins複合種群
 - 第二類：大陸—島嶼型複合種群
 - 第三類：嵌塊體性種群
 - 第四類：非平衡態複合種群
 - 第五類：中間型或混合型

複合種群的類型

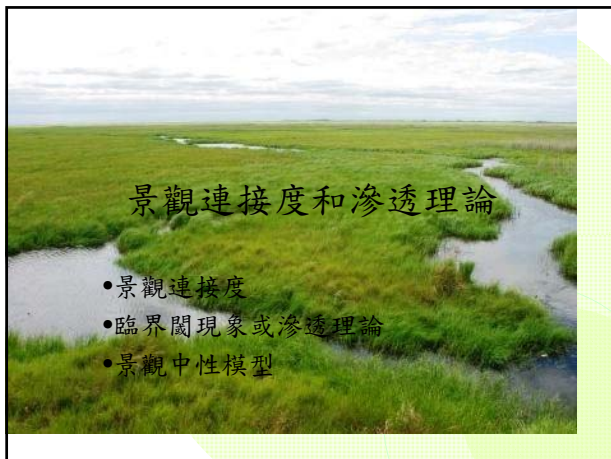
- 生境嵌塊體之間種群交流強度，以非平衡態種群最弱或等於零，而嵌塊體性種群最強；而經典型和大陸—島嶼型複合種群居中。
- 從生境嵌塊體大小分布差異來看，大陸—島嶼型複合種群則居首位，而其他類型並無顯著區別。

複合種群的模型

- 複合種群模型—就其空間結構特徵而言，複合種群模型可分為三類：
 - 空間隱式模型（spatial implicit model）
 - 空間顯式模型（spatial explicit model）
 - 空間半顯式模型（quasi-spatial model）
- 空間半顯式模型對理解複合種群中嵌塊體空間特徵、亞種群內部動態以及系統整個穩定性之間的相互關係起了積極的促進作用

複合種群的模型

- 研究景觀連接度對動物種群動態的影響，嵌塊體本身的特徵並未考慮，而只有嵌塊體間的距離是以空間顯式的形式表示的。這種簡單的空間複合種群模型有時稱為「廊道模型」（corridor model）。



景觀連接度

指景觀在空間上表現出來的表現連續性，可根據衛星照片、航空照片或各類地圖來確定其連續性程度。

- 景觀連接度 (landscape connectivity) 指景觀空間結構單元之間的確定性程度。
- 景觀連接度可以從結構連接度和功能連接度兩個方面來考慮。

以所研究的生態學對象或過程的特徵來確定景觀連續性，例如：種子傳播距離、動物取食和繁殖活動的範圍以及養分循環的空間尺度等與景觀結構連續性相互作用。

景觀連接度

- 景觀連接度依賴於觀察尺度和所研究對象的特徵尺度。例如，對於同樣一個景觀而言，其連接度相對於種子傳播距離很遠的物種（如風媒植物）要比種子傳播範圍很局限的物種高出很多。

臨界閾現象

- 所謂臨界閾現象是指某一事件或過程（因變量）在影響因素或環境條件（自變量）達到一定程度（閾值）時突然地進入另一種狀態的情形。它往往是由一個量變到質變的過程，從一種狀態過渡到另一種截然不同狀態的過程。例如，流行病的傳播與感染率、潛在被傳染者和傳播媒介之間的關係。

滲透理論

- 當媒介的密度達到某一臨界密度時，滲透物突然能夠從媒介材料的一端到達另一端。

滲透理論

- Wiens(1997)認為，種群在景觀中的「滲透」不但依賴景觀結構，而且還取決於物種的行為生態學特徵
- 適宜生境占景觀面積比例的減少對於生物個體和種群來講可能有兩種影響：
 - 由於生境絕對數量的減少而產生的直接影響，即生境損失效應
 - 由於生境嵌塊體間隔離程度的增加而導致的間接影響，即生境隔離效應

景觀中性模型

- 中性模型是指不包含任何具體生態學過程或機理的，只產生數學上或統計學上所期望的時間或空間格局的模型。
- 主要作用為研究景觀格局和過程的相互作用提供一個參照系統。透過比較隨機滲透系統和真實景觀的結構和行為特徵，可以有效地檢驗有關景觀格局和過程關係的假設。

等級理論和景觀複雜性

- 系統複雜性
- 等級理論的主要內容
- 等級理論的熱力學基礎

系統複雜性

- 系統複雜性常常與其分組的數量、分組間的關係及觀察有關。雖然複雜系統往往有許多分組間相互作用來決定。
- 複雜性的概念還必須將系統固有的性質和觀察者的理解、興趣和能力相結合

系統複雜性

- Weaver(1984)按照系統結構的性質將複雜性分為三類：
 - 有組織簡單性：所含變量少，相互作用形式簡單，複雜性最小。
 - 有組織複雜性：變量很多，高複雜性。
 - 無組織複雜性：分組數量很多，但分組的性質相同或相似
- 這三類複雜性對應於Weinberg(1975)提出的小數系統（即有組織簡單性）、中數系統（即有組織複雜性）、大數系統（即無組織複雜性）

等級理論的主要內容

- 等級(系統)理論是關於複雜系統結構、功能和動態的理論。廣義地講，等級是一個由若干單元組成的有序系統
- Simon(1962)指出，複雜性常常具有等級形式，一個複雜的系統又由各自的亞系統組成，以此類推直到最低的層及。

等級理論的主要內容

- 根據等級理論，複雜系統可以看做是由具有離散性等級層次組成等級系統(discrete hierarchical level)。
- 處於離散性等級層次中高層次的行為或過程常表現出大尺度、低頻率、慢速度的特徵；而低層次行為或過程，則表現出小尺度、高頻率、快速度的特徵

等級理論的主要內容

- 等級系統具有垂直結構。在巢式等級系統中，高層次由低層次組成，即相鄰的2個層次之間有完全包含與完全被包含的關係。例如，植被、土壤、地理等分類系統均為巢式等級系統。

- 等級系統又可分為巢式（或包含型）和非巢式（非包含型）兩類。

在非巢式等級系統中，高層次與低層次不具有完全包含或完全被包含的關係。例如，美國生物科學協會由許多學會組成（如生態學會、植物學會、分類學會）。

等級理論的主要內容

「鬆散」意味著「可分解」

- 等級結構的特徵可以用「鬆散垂直耦連」和「鬆散水平耦連」來解釋。這鬆散耦連特徵正是層次之間以整體元之間存在邊界的根本原因或直接後果，也是複雜系統可分解性的基礎。

「耦連」意味著「抵制分解」

等級理論的熱力基礎

- 耗散結構是系統和環境間相互作用達到某一臨界值時出現的有序結構。它的形成是一個量變到質變，由無序到有序的過程。
- 生態系統是耗散系統-
 - 生態系統是開放系統，它與環境不斷發生物質交換。
 - 所有「活」的生態系統都是遠離其熱力學平衡態的。
 - 生態系統中不乏非線性過程（例如種群控制機制、種間相互作用關係）。

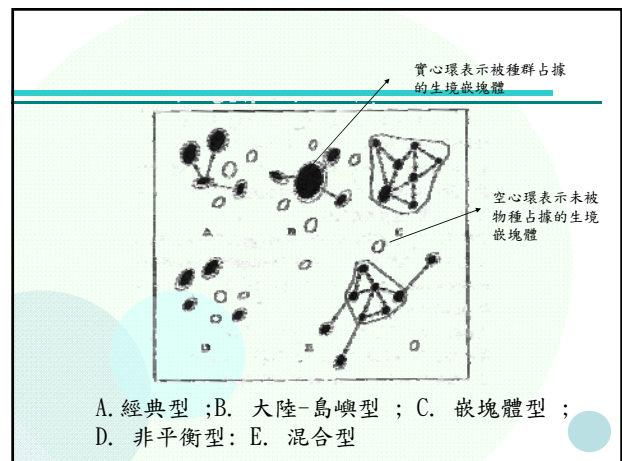
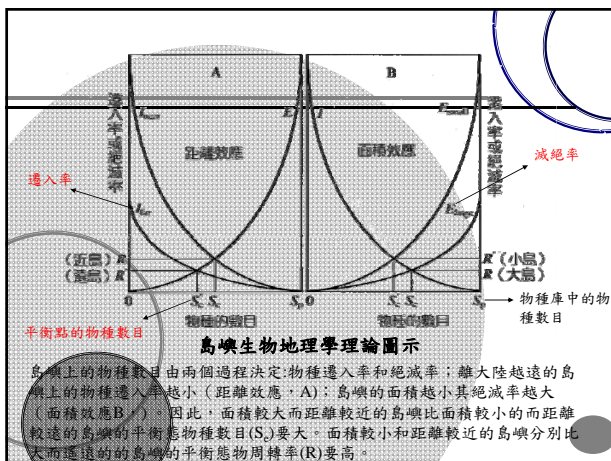
熱力學平衡意味著生命活動的終止，生態系統的徹底崩潰。

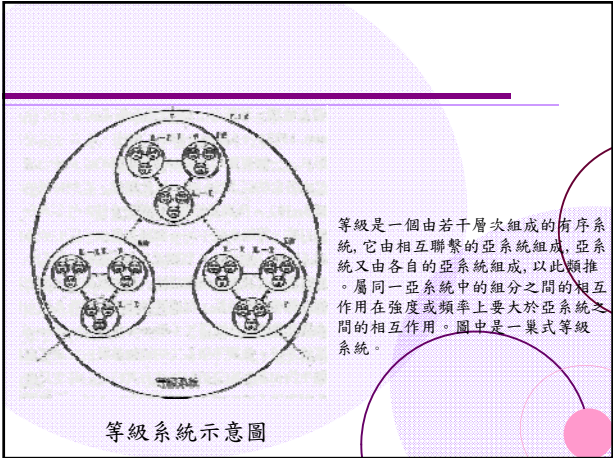
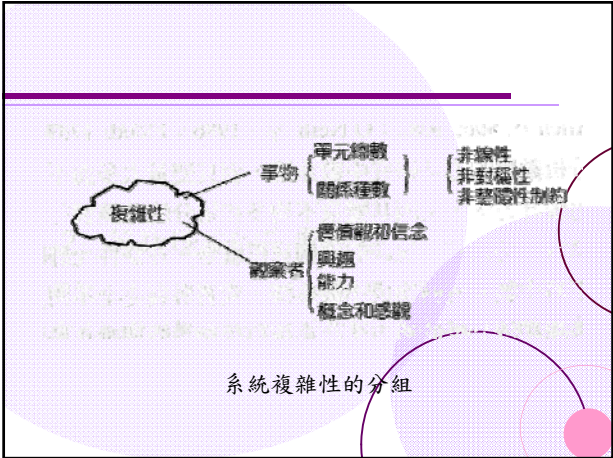
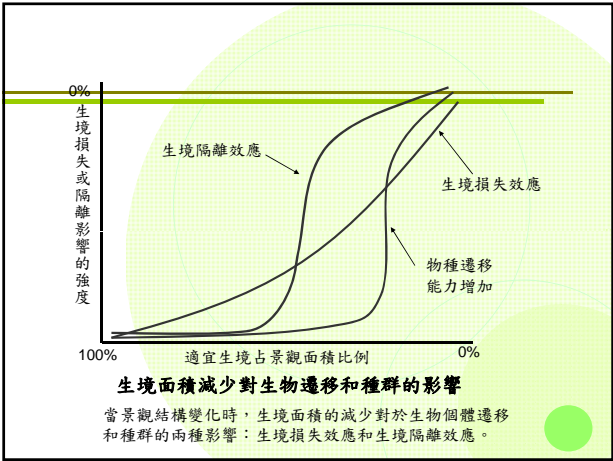
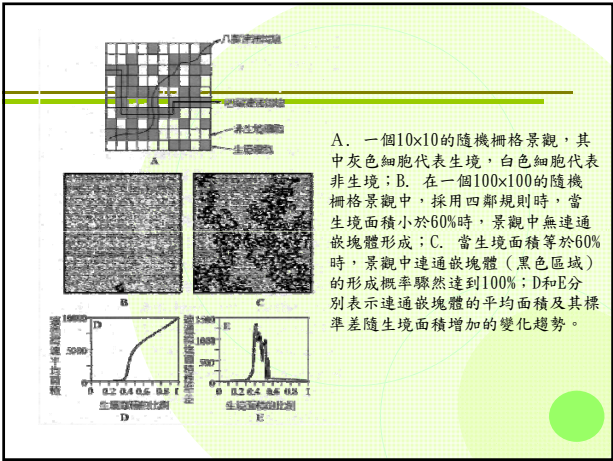
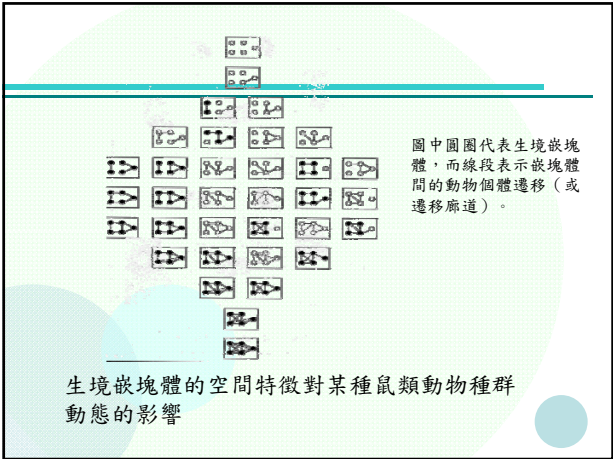
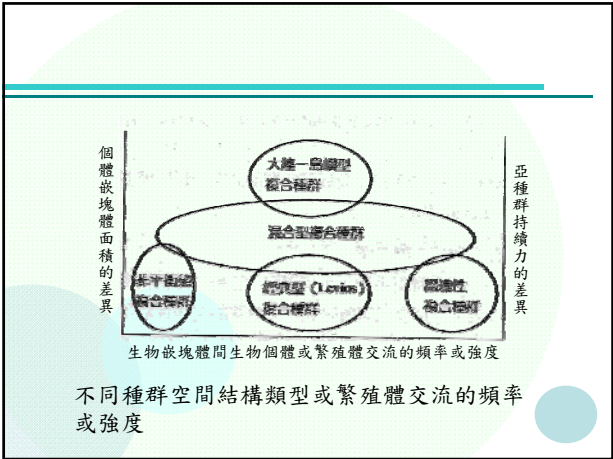
問題

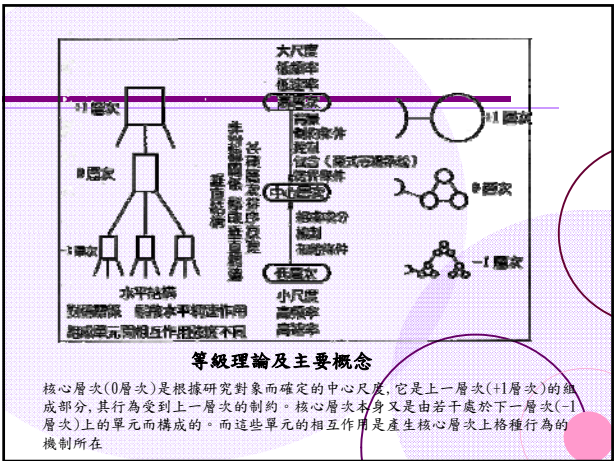
人類追求的利益與方便性

平衡??

生態環境







第四章 等級嵌塊動態範例

報告人：張鈞媛
時間：2006/09/27

大綱

- 4.1 科學範例及其重要性
- 4.2 生態學範例及其變遷
 - 4.2.1 平衡範例
 - 4.2.2 多平衡及非平衡範例
 - 4.2.3 種群生態範例與生態系統範例
- 4.3 等級嵌塊動態範例
 - 4.3.1 嵌塊動態理論
 - 4.3.2 等級嵌塊動態

4.1 科學範例及其重要性

範例(paradigm)

一個科學群體所共識並運用的,是由世界觀、置信系統(belief system)以及一系列概念、方法和原理組成的體系。換句話說,一個科學群體是由享有共同範例的個體組成。

- 範例變遷(paradigm shift)
研究深入→新問題→新範例
- 範例等級系統(paradigm hierarchy)
範例之不同存在與應用範疇
- 以整個現代科學論—唯物論、因果論、簡化論、整體論
- 以整個生態學論—平衡範例、非平衡範例、多平衡範例
- 生態學之學科範例—種群生態學範例、生態系統生態學範例

4.2 生態學範例及其變遷

1.平衡範例 (equilibrium paradigm)

(經典生態學範例)

- 自然均衡觀(balance of nature) :
自然界在不受人類干擾情況下處於穩定平衡狀態;各種不穩定因素和作用相互抵消,從而使整個系統表現出自我調節、自我控制的特徵。
- Clements(1916)最具代表性
➢ 應用於植物生態演替研究中:
提出單向的、由群落內部控制的、循序漸進而達到頂極的「群落有機體」論。

- Margate (1968)、Odum (1969) :
進一步發展成為早期生態系統生態學理論核心。
- 蓋亞假說(Gaia hypothesis) :
認為生物圈及其環境構成自我控制和調節的系統,能夠阻抑各種不利於生命的變化。並成為生態哲學中的重要概念
- 平衡理論強調生態系統的平衡和穩定,把生態系統視為封閉的、具有內部控制機制、可預測、可確定的。

穩定性

- 抗變力或阻力(resistance)：即系統阻抑外界干擾的速度。
- 恢復力(resilience)：即系統在受干擾後恢復到先前平衡點的能力。
- 持續力(persistence)：系統受到干擾而產生波動，但變化量維持在某限度內，使系統仍能保持生存的能力。
- 恆定性(constancy)或變異性(variability)：二者從不同角度來度量系統在一定時空尺度上所表現出的不確定性或變異程度。

2.多平衡範例 (multi-equilibrium paradigm)

生態系統中存在多種生物與非生物作用，其與過程有關的複雜性與空間異質性，使它們可能具有多平衡態特徵。(尤其是多物種共存和多樣性問題)

Holling (1973)：

隨機性氣候變化和干擾（如火、蟲害的突發）可使生態系統的平衡狀態轉移

草地生態學「狀態和過渡」模式：

草地生態系統有多種相對穩定狀態，氣候變化和管理方式都可使其從一種狀態轉變為另一種狀態。

3.非平衡範例 (non-equilibrium paradigm)

- 強調：
 1. 生態學系統的非平衡動態、開放性以及外部環境對系統的作用。
 2. 物理環境的隨機作用。
 3. 長期性環境變化以及群落的歷史因素。
- 典型 >> 種群生態學之密度無關學說 (density-independent theory)：認為控制種群動態的主導因素是與其密度無關的環境變化。

4.種群生態範例 (population ecology paradigm)

- 研究對象：生物種群
- 研究內容：生物有機體在空間和時間上的分布格局及其變化的原因和機制。
- 強調：個體行為、繁殖特徵、競爭、其他生物間的相互作用。
- 忽略：能量流動和物質循環對種群動態的影響。

5.生態系統範例 (ecosystem ecology paradigm)

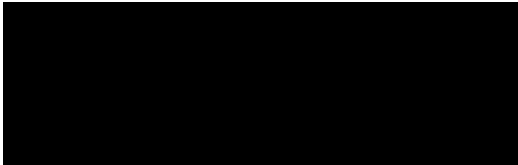
- 強調：能量和物質運動規律及其過程，提倡將生物有機體及其物理環境作為一個整體來研究。
- 研究重點：系統的輸入、輸出、能量轉化、物質庫的大小以及物質和能量流動速率等。

4.3 等級嵌塊動態範例

- 嵌塊動態理論(patch dynamics theory)
生態學理論的發展必明確認識廣泛存在的時空嵌塊性以及尺度的重要性，並以恰當的方式表達它們。
等級嵌塊範式萌生 → 嵌塊動態理論
- 1947年英國生態學家A.S.Watt，「格局與過程」學說：
生態學系統是嵌塊鑲嵌體，嵌塊的個體行為和鑲嵌體的綜合特徵決定生態系統的結構和功能。
- 1985年，Pickett和White『自然干擾生態學和嵌塊動態』一書：
綜合了種群和群落水平嵌塊動態實地研究之精華，為嵌塊動態之定義、推廣、應用和發展奠定了極重要的基礎。

- 嵌塊—任何與周圍環境不同，而表現出較明顯邊界的地理單元。
- 生物的：森林、草地、水生生物群落、動物群居、植物聚集斑塊、個體植株。
- 非生物的：地形、地貌區、土壤類型、水、光、養分。
- 生態學著重於相關尺度上的嵌塊性及嵌塊間之相互作用。
- 嵌塊動態—嵌塊個體本身的狀態變化和嵌塊鑲嵌體水平上的結構和功能的變化。

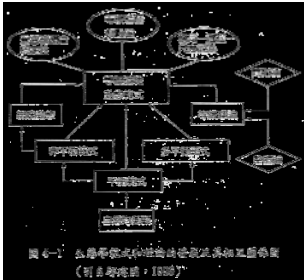
嵌塊動態理論之廣義模型—Levin-Paine
嵌塊模型



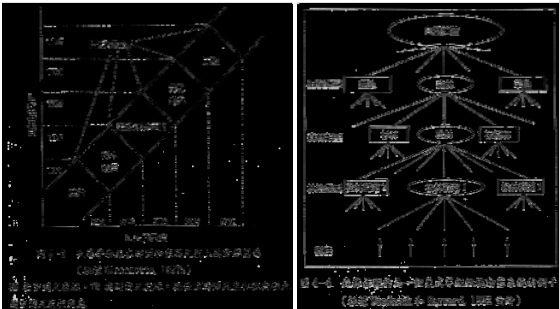
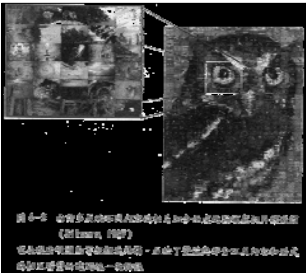
■ 動態特徵之描述：



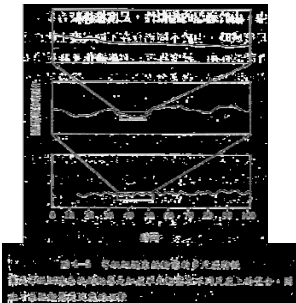
- 基於對生態學中已有範例和理論的分析和歸納，新範例以嵌塊動態理論和等級理論高度綜合稱為~**等級嵌塊動態範例**



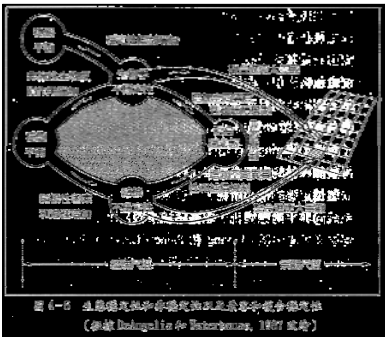
- 要點包括五個方面：
- (1) 生態學系統是由嵌塊鑲嵌體組成的巢式（或包容型）等級系統。



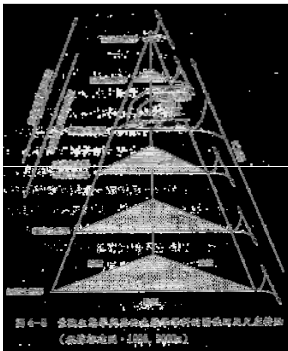
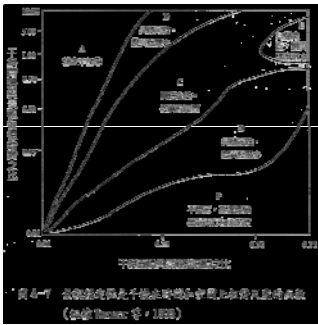
- (2) 系統動態是各個尺度上嵌塊動態的總體反映。
- (3) 格局－過程－尺度觀點。



- (4) 非平衡觀點。



- (5) 兼容機制(incorporation)和複合穩定性(metastability)概念。



Thanks for your attention! !

報告人：王明仁

- 5-1 景觀格局分析概述
- 5-2 景觀指數
- 5-3 空間統計學方法
- 5-4 可塑性面積單元問題
- 5-5 景觀格局分析中的誤差問題

- 橫跨自然、社會學科
 - 生態學
 - 社會、經濟學
- 航空照片、照片 (before)
- 遙感、GIS (now)

- 空間異質性、過程、尺度
- 景觀結構組成特徵、空間配置
- 步驟
 - 收集、處理資料
 - 數化
 - vector、raster
 - 分析
 - 解釋綜合

The diagram illustrates the relationship between landscape characteristics, quantification, and spatial heterogeneity. It is structured as follows:

- Top Row (Concepts):** Three ovals at the top represent the conceptual framework: "真實景觀" (Real Landscape), "數量化的景觀" (Quantified Landscape), and "空間異質性特徵" (Spatial Heterogeneity Features).
- Left Column (Landscape Characteristics):** A vertical list of landscape characteristics: 養分 (Nutrients), 水、光 (Water, Light), 溫度 (Temperature), 土壤型 (Soil Type), 生物量 (Biomass), 植群密度 (Plant Density), 鑲嵌體 (Mosaic), 地形 (Topography), and 土地利用 (Land Use).
- Central Column (Quantification and Analysis):** Two boxes in the center represent the quantification process: "類型圖" (Type Map) at the top and "數值圖" (Numerical Map) at the bottom, connected by a vertical double-headed arrow. Below this is a box labeled "空間分析" (Spatial Analysis), which is connected to both the "類型圖" and "數值圖" boxes by vertical arrows.
- Right Column (Spatial Heterogeneity Features):** Two boxes on the right represent the resulting features: "種類組成 空間配置" (Species Composition Spatial Configuration) at the top and "變化趨勢 空間自相關性 各向異性現象" (Change Trends, Spatial Autocorrelation, Anisotropic Phenomena) at the bottom, connected by a vertical double-headed arrow.
- Flow Arrows:**
 - Two diagonal arrows point from the "Landscape Characteristics" column to the "類型圖" and "數值圖" boxes.
 - A horizontal arrow points from the "類型圖" box to the "種類組成 空間配置" box.
 - A horizontal arrow points from the "數值圖" box to the "變化趨勢..." box.

```

graph TD
    A([數據類型]) --> B[非空間]
    A --> C[空間]
    B --> D[無地點資訊]
    D --> E[方差分析  
回歸分析  
訊息論指數  
(S-W index  
Even index)]
    C --> F([格局指數])
    C --> G([空間統計])
    F --> H[點格局]
    F --> I[定量網絡]
    F --> J[定性網絡]
    G --> H
    G --> I
    G --> J
    I --> K[方差圖]
    I --> L[相關圖]
    I --> M[最近鄰體指數]
    I --> N[自相關係數]
    I --> O[負二次分布參數]
    J --> M
    J --> N
    J --> O
  
```

5-2 景觀指數

➤ 分成三種指數

- 🌍 綴塊水平指數 (patch-level index)
 - ✖ Individual patch
- 🌍 綴塊類型水平指數 (class-level index)
 - ✖ Patch-type 、 patch-class
- 🌍 景觀鑲嵌體水平指數 (landscape-level index)
 - ✖ mosaic

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 綴塊形狀指數 (patch shape index)

- 🌍 邊長與面積之比
- 🌍 比值愈接近1形狀越接近圓形或正方形
- 🌍 周長P、面積A

$$S = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$S = \frac{0.25P}{\sqrt{A}}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀豐富度指數 (Landscape richness index)

- 🌍 綴塊類型總數
- 🌍 不同景觀，相對豐富度 (relative richness) 較豐富度密度 (richness density) 合宜
- 🌍 綴塊數目m (最大值 m_{\max})、面積A、

$$R = m$$

$$R_r = \frac{m}{m_{\max}}$$

$$R_d = \frac{m}{A}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀多樣性指數 (Landscape diversity index)

- 🌍 組成複雜度
- 🌍 Shannon-Weaver $H = -\sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)$
- 🌍 Simpson $H' = 1 - \sum_{k=1}^n P_k^2$
- 🌍 P_k 綴塊類型k出現機率，綴塊類型總數n
- 🌍 綴塊類型、均勻程度
- 🌍 綴塊面積比例相同
 - ✖ $H_{\max} = \ln(n)$ 、 $H'_{\max} = 1 - (1/n)$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀優勢度指數 (Landscape dominance index)

- 🌍 多樣性指數最大值與實際值之差
- 🌍 P_k 綴塊類型k出現機率，綴塊類型總數n
- 🌍 D值大，少數綴塊類型佔優勢

$$D = H_{\max} - \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀均勻度指數 (Landscape evenness index)

- 🌍 綴塊面積分布不均勻程度
- 🌍 P_k 綴塊類型k出現機率，綴塊類型總數n
- 🌍 E越接近1，分佈愈均勻

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{-\sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)}{\ln(n)}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀型狀指數 (Landscape shape index)

- 與綴塊形狀指數相似
- 綴塊邊界總長E，總面積A
- 值變大，形狀愈不規則

$$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 正方像元指數 (square pixel index)

- 周長與綴塊面積比 ($0 < SQR < 1$)
- 綴塊邊界總長E，總面積A

$$SQR = 1 - \frac{4\sqrt{A}}{E}$$

$$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$$

$$LSI = \frac{1}{1-SQR}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 景觀聚集度指數 (Landscape contagion index)

- P_{ij} 綴塊類型i與j相鄰的機率，綴塊類型總數n
- 不同景觀，相對聚集度C`合宜
- 少數大綴塊，同類型綴塊高度連接，值愈大

$$C = C_{max} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})$$

$$C_{max} = 2 \ln(n)$$

$$P_{ij} = P_i P_j$$

$$C' = \frac{C}{C_{max}} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})}{2 \ln(n)}$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 分維 (fractal dimension)

- 綴塊周長P，面積A，常數k
- Raster: $k=4$ ，歐幾里德幾何 $F_d=1$
- $1 < \text{較複雜的 } F_d < 2$
- P、A的對數回歸所產生的斜率

$$P = kA^{\frac{F_d}{2}}$$

$$F_d = 2 \ln\left(\frac{P}{k}\right) / \ln(A)$$

$$F_d = 2s$$

5-2-1 常用的景觀指數

➤ 分維 (fractal dimension)

- 不規則的幾何形狀非整數維數，分形 (fractal)
- 自相似性 (self-similarity)
 - 不同scale， F_d 相同
- 等級結構
 - 隨scale 改變

5-2-1 常用的景觀指數

➤ FRAGSTATS

類型數據

Patch Metrics	
P4	Patch Area (AREA)
P5	Patch Perimeter (PERIM)
P6	Radius of Gyration (GYRATE)

5-2-1 常用的景觀指數

➢ FRAGSTATS

● 類型數據

Class Metrics	
C3	Total (Class) Area (CA)
C4	Percentage of Landscape (PLAND)
C5	Number of Patches (NP)
	Patch Density (PD)
	Total Edge (TE)
	Edge Density (ED)
	Landscape Shape Index (LSI)

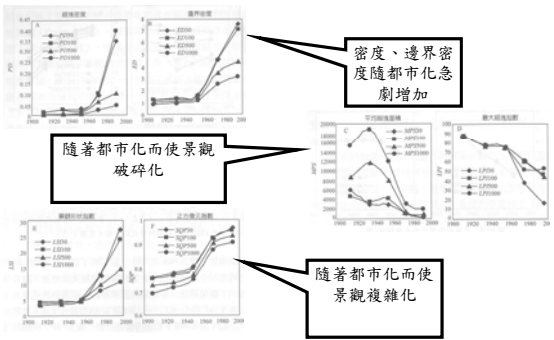
5-2-2 應用舉例

$$PD = 17 \div (0.1 \times 0.1) = 1700$$

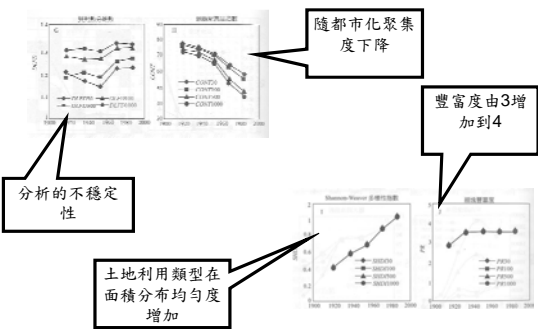
$$H = -(0.45 \ln(0.45) + 0.55 \ln(0.55)) = 0.688$$



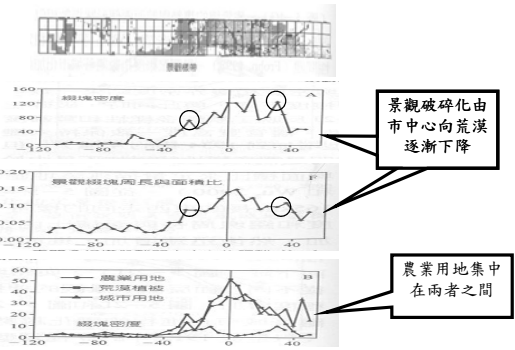
5-2-2 應用舉例



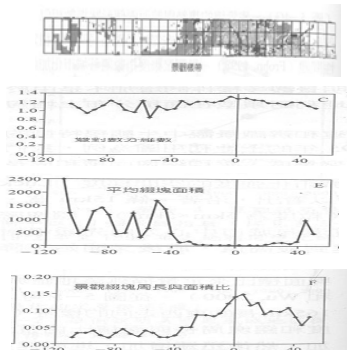
5-2-2 應用舉例



5-2-2 應用舉例

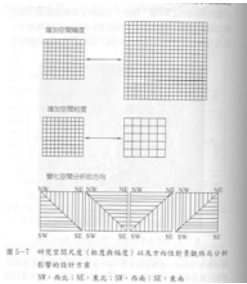


5-2-2 應用舉例



5-2-2 應用舉例

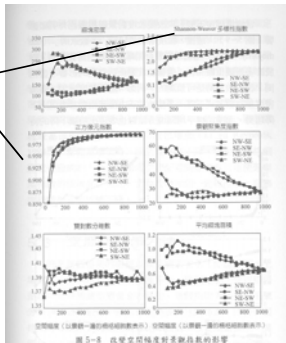
➢ 不同幅度與粒度的影響



5-2-2 應用舉例

➢ 幅度：面積大小

正方像元指數、
多樣性指數隨幅
度增加而增加



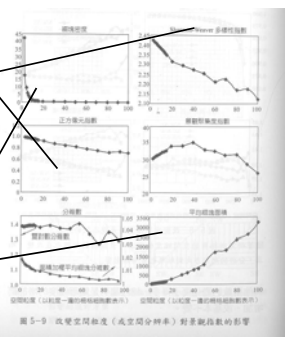
5-2-2 應用舉例

➢ 粒度：解析度

正方像元指數、
多樣性指數隨粒
度增加而下降

綴塊密度指數下
降

平均綴塊面積隨
粒度增加而上升



5-3 空間統計學方法

- 景觀格局以類型圖呈現
 - 非連續變量
 - 但實際上的變化恰好相反，土壤、溫溼度...
- 產生主、客觀誤差
- 空間自相關性 (spatial autocorrelation)
 - 地理學第一定律 (Tobler, 1970)
 - 不具獨立和隨機性

5-3-1 空間自相關分析

- 變量值隨距離變小
 - 更相似→空間正相關
 - 更不同→空間負相關
 - 無變化→空間不相關或空間隨機性
- 步驟
 - 採樣
 - 計算、建立空間自相關係數
 - 顯著性檢驗

5-3-1 空間自相關分析

- Moran I係數
 - $-1 < I < 0$ 負相關
 - $I = 0$ 不相關
 - $0 < I < 1$ 正相關
- Geary c係數
 - $1 < c < 2$ 負相關
 - $c = 1$ 不相關
 - $0 < c < 1$ 正相關

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$c = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - x_j)^2}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

5-3-1 空間自相關分析

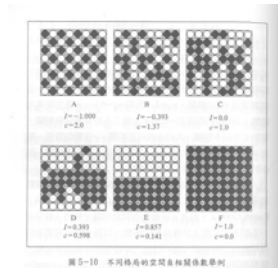


圖 5-10 不同格局的空間自相關係數舉例

5-3-2 半方差分析

➤ 區域化變量理論

短距離內的觀察值比遠距離的觀察值要相似

➤ 方差 (variance 變異數)

$$\text{Var } Z(x) = E[(Z(x) - \mu)^2]$$

$$\hat{C}(0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - \bar{z}]^2$$

5-3-2 半方差分析

➤ 自協方差 (covariance 變異數)

$$C(x_1, x_2) = E\{[(Z(x_1) - \mu)][(Z(x_2) - \mu)]\}$$

$$\hat{C}(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i + h) - \bar{z}][Z(x_i) - \bar{z}]$$

5-3-2 半方差分析

➤ 空間自相關為自協方差與方差之比

$$r(h) = \frac{\hat{C}(h)}{\hat{C}(0)}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i + h) - \bar{z}(x_i)]^2$$

➤ 提供克利金(kriging)來做內插求值。

5-3-2 半方差分析

➤ 半方差圖

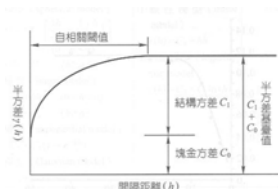


圖 5-11 一個典型的半方差圖

➤ 提供克利金(kriging)來做內插求值。

5-3-3 其他空間分析方法

➤ 趨勢面分析

區域尺度的空間格局與局部尺度的空間變異

➤ 聚塊樣方方差分析

連續網格系統取樣，逐級歸併相鄰樣方並計算每一聚塊水平方差。

巢式方差分析、等級方差分析

➤ 譜分析

分析一維或二維空間數據反覆出現緩塊性格局及其尺度特徵

5-3-3 其他空間分析方法

- 小波分析
 - 將時間上或空間上的格局與不同尺度以及具體時、空位置相聯繫的分析法
- 空隙度分析
 - 多尺度分析景觀空間格局質地的方法
- 尺度方差分析
 - 確定已知巢式等級系統各組織水平的相對變異程度

5-4 可塑性面積單元問題

- 面積數據(areal data)
- 可塑性面積單元問題
 - (the modifiable areal unit problem)
 - MAUP
 - 隨面積單元定義不同而改變

5-4-1 什麼是可塑性面積單元問題

- 尺度效應 (scale effect)
 - 空間數據經聚合而改變其粒度及幅度
- 劃區效應 (zoning effect)
 - 不同聚合方式

5-4-1 什麼是可塑性面積單元問題

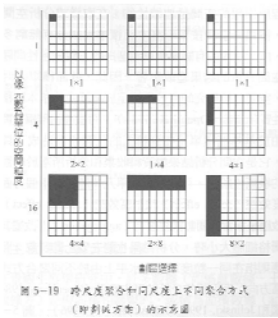


圖 5-19 跨尺度聚合和同尺度上不同聚合方式 (即劃區方案) 的示意圖

5-4-1 什麼是可塑性面積單元問題

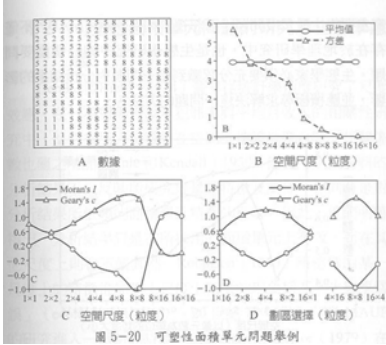


圖 5-20 可塑性面積單元問題舉例

5-4-1 什麼是可塑性面積單元問題

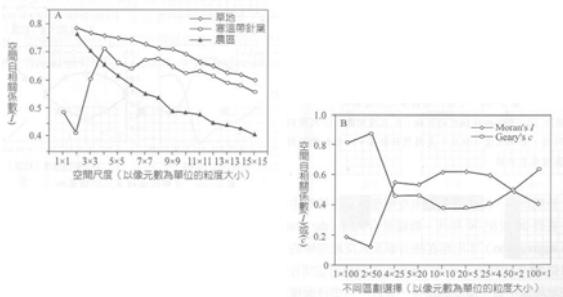


圖 5-21 可塑性面積單元問題實例

5-4-2 MAUP問題研究及生態意義

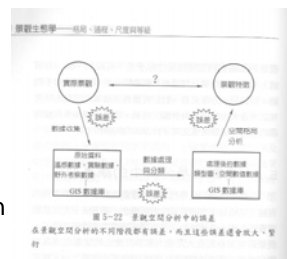
- 分析結果僅在所採用的面積單元有效
- 尺度效應具有臨界性 (threshold)
 - 📍 在一定尺度之上才會表現出來
- 劃區效應在許多尺度都很明顯
- 訊息轉譯或尺度推釋 (scaling)
 - 📍 窺一斑以見全豹 (impossible)

5-4-3 如何對待MAUP

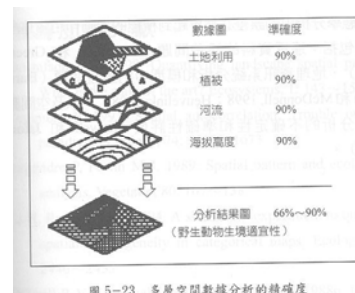
- 基本實體途徑
 - 📍 困難
- 最優劃區途徑
 - 📍 內部差異最小，外部差異最大
- 敏感性分析途徑
 - 📍 掌握MAUP的影響範圍及強度
- 屏舊創新
 - 📍 發展新的分析法
- 強調研究變量的變化速率
 - 📍 分維概念

5-5 景觀格局分析中的誤差問題

- 誤差來源
 - 📍 收集過程
 - 📍 處理分類過程
 - 📍 分析過程
- 誤差繁衍
 - 📍 Error propagation



5-5 景觀格局分析中的誤差問題





6.1 生態學模型概述

6.1.1 什麼是模型？

一般定義是某種對現實系統或現象的抽象或簡化。再具體一些說，模型是對真實系統或現象最重要的組成單位及其相互關係的表述。

數學模型有以下幾個重要作用：

1. 預測
2. 增進理解
3. 診斷現有知識中的漏洞或薄弱環節
4. 綜合的工具
5. 支持管理與決策

圖 6-1 模型與現實的關係
模型(B)是對現實系統或現象(A)的抽象或簡化，或者說是對現實系統或現象的描寫

6.1.2 模型的種類

計算機在建模中的作用 -
解析模型(analytic model)與模擬模型(simulation model)
時間上和空間上的連續性 -
連續型與離散型模型
數學方法 -
微分方程式、差分方程式和矩陣模型
隨機變量或參數的模型稱為
隨機模型(stochastic)，否則便稱為確定型(deterministic)模型。
模型所涉及的生態學過程和機制的多少 -
現象學(phenomenological)和機制(mechanistic)或過程(process-based)模型。
模型的內容可區分出
干擾型傳播模型、複合種群模型、植被動態模型、土地利用變化模型及生物地球化學循環模型
模型所涉及的生態學組織層次則有
生理生態模型、種群模型、群落模型、生態系統模型、景觀模型以及全球模型
生態學組織層次(從種群到景觀乃至全球)可區分 -
點模型(point model)或非空間模型(non-spatial model)，
半空間模型(semi-spatial)或準空間模型(quasi-spatial model)，
以及空間顯式模型(spatially explicit model)或簡稱空間模型(spatial model)

6.1.3 生態學建模的一般原理和過程

Levins(1966)提出關於生態學建模的「三分」觀點，即模型的普遍性(generality)、真實性(realism)和準確性(precision)。然而Orzack和Sober(1993)對Levins的建模「三分」觀點和有關建模策略的論述進行批駁，所以Levins指出還可以考慮可操作性(manageability)和可理解性(understandability)。

生態學建模可分四個階段：

- (1) 建立概念模型
- (2) 建立定量模型
- (3) 模型檢驗
- (4) 模型的應用

圖 6-2 生態學建模的階段過程

6.2 景觀模型的主要類型及特徵

非空間景觀模型
完全不考慮所研究地區的空間異質性(或假定空間均質性或隨機性)的模型

準空間模型(或半空間模型)
通常考慮空間異質性的統計學特徵

空間顯式景觀模型
明確考慮研究對象和過程的空間位置及它們在空間上的相互作用關係的數學模型

景觀空間模型根據處理空間訊息方式分為兩大類：
柵格型景觀模型(grid-based landscape model)
向量型景觀模型(vector-based landscape model)

6.3 空間機率模型

馬爾可夫模型(Markovian model)
是景觀生態學家用來模擬植被動態和土地利用格局變化的最早、最普遍的模型。

$$N_{ij} + \Delta t = P_{ij} N_i \tag{6.1}$$
$$\begin{bmatrix} N_{1,t+\Delta t} \\ N_{2,t+\Delta t} \\ N_{3,t+\Delta t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ N_{3,t} \end{bmatrix} \tag{6.2}$$

緩塊類型j轉變為緩塊類型i的機率就是柵格網中緩塊類型j在Δt時段內轉變為緩塊類型i的細胞數佔緩塊類型j在此期間發生變化的所有細胞總數比例：

$$p_{ij} = n_{ij} / \sum_{i=1}^m n_{ij} \tag{6.3}$$

空間機率模型(spatial transition probability model)

空間機率模型是景觀生態學中應用最早和最廣泛的模型之一。

$$N_{i,t+\Delta t}^C = P^{C*} N_{i,t}^C$$

或

$$\begin{bmatrix} N_{1,t+\Delta t}^C \\ \vdots \\ N_{m,t+\Delta t}^C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11}^C \dots P_{1m}^C \\ \vdots \\ P_{m1}^C \dots P_{mm}^C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{1,t}^C \\ \vdots \\ N_{m,t}^C \end{bmatrix}$$

式中， N_i 和 $N_{i+\Delta t}$ 分別是 t 和 $t+\Delta t$ 時刻 i 行 c 列網格細胞位置上的狀態向量， P^C 是反映該空間位置上異質性特點的轉化機率矩陣。

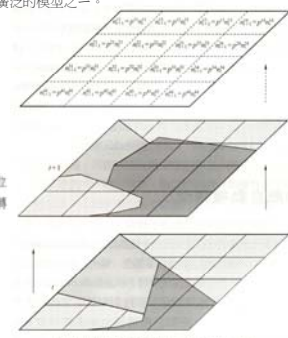


圖 6-3 景觀格局動態的空間機率模型示意圖

圖中是一個具有 4x4 個網格細胞的假設景觀。

6.4 細胞自動機模型

細胞自動機模型(cellular automation model)

是指一類由許多相同單位組成的，根據一些簡單的鄰域規則(neighborhood rule)即能在系統水平上產生複雜結構和行為的離散型動態模型。

典型的細胞自動機模型有以下幾項特徵：

- (1) 網格網中所有的細胞可具有的狀態總數是有限的，而且是已知的。
- (2) 每一網格細胞狀態是由它與相鄰細胞的局部作用而決定的，這些作用關係由一系列轉化規則(transition rule)或鄰域規則(neighborhood rule)來具體定義。
- (3) 鄰域規則可以是確定型，也可以是隨機型。
- (4) 局部性轉化規則再整個網格細胞的任何位置上都是一致的。
- (5) 細胞從一種狀態轉化為另一種狀態在時間上是離散的(及非連續性變化)。

一維細胞自動機數學表達式：

$$a_i^{(t+1)} = \phi[a_i^{(t)}, a_{i-1}^{(t)}, a_{i+1}^{(t)}, \dots, a_i^{(t)}, \dots, a_i^{(t)}] \quad (6.6)$$

二維細胞自動機是當 $r=1$ 時上式在二維空間網格網上的擴展，即：

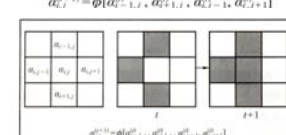
$$a_{i,j}^{(t+1)} = \phi[a_{i,j}^{(t)}, a_{i-1,j}^{(t)}, a_{i+1,j}^{(t)}, a_{i,j-1}^{(t)}, a_{i,j+1}^{(t)}] \quad (6.7)$$


圖 6-4 細胞自動機模型示意圖

$a_{i,j}^{(t+1)} = \phi[a_{i,j}^{(t)}, a_{i-1,j}^{(t)}, a_{i+1,j}^{(t)}, a_{i,j-1}^{(t)}, a_{i,j+1}^{(t)}]$

von Neumann 規則 Moore 規則 自由規則

$r=1$ $r=2$ $r=1$ $r=2$ $r=x$

圖 6-5 細胞自動機模型中定義鄰域的方式

圖中中心的黑色細胞是考慮中的中心細胞，灰色細胞是其相鄰細胞，白色代表景觀中其餘細胞

6.5 景觀機制模型

6.5.1 空間生態系統模型

$$\frac{\partial S_i}{\partial t} = f_i(S, F) + \nabla \cdot (D_i \nabla S_i) \quad (6.8)$$

式中， S_i 表示某一生態學變量（如養分含量、種群密度、干擾面積）， F 表示環境因素的影響（如溫度、水分、光照、風）， D_i 是表示所研究過程的空間擴散或傳播能力的係數， ∇ 表示空間梯度（可以是一維、二維或三維的；Huggett, 1993）。

假設有一具地形梯度的景觀，由 4x4 的網格細胞組成。模型的目的是描述土壤中氮含量在空間和時間上的變化。每個網格細胞中的氮含量隨時間變化可以下式表示：

$$N_{ij}(t+1) = N_{ij}(t) + (F_{ij}^N - F_{ij}^{out}) \Delta t \quad (6.9)$$

氮的輸出率可以簡單地規定為地形坡度 $(\Delta H / \Delta L)$ 和細胞中氮含量的函數：

$$F_{ij}^{out} = f\left(\frac{\Delta H}{\Delta L}, N_{ij}\right) \quad (6.10)$$

式中， $(\Delta H / \Delta L)$ 可以根據相鄰細胞的海拔高度之差和網格細胞大小求出(即高度差和細胞邊長之比)。上式最簡單的形式是：

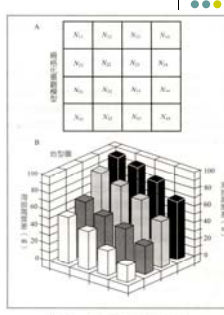
$$F_{ij}^{out} = d \frac{\Delta H}{\Delta L} N_{ij} \quad (6.11)$$


圖 6-6 簡單生態系統模型原則

左：景觀網格及狀態變量；右：景觀地形圖

此系統模型結構圖，表示該景觀模型中的狀態變量(長方形框)和各個方向的輸入和輸出流(帶箭頭圓形)。

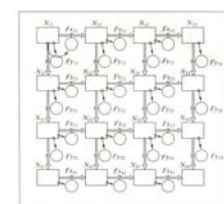


圖 6-7 簡單景觀模型系統結構圖

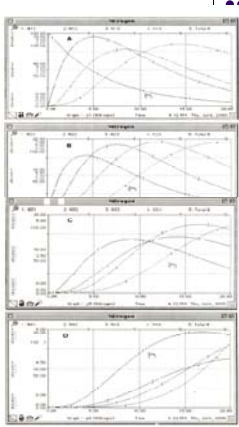


圖 6-8 簡單空間生態模型的一些輸出結果(續)

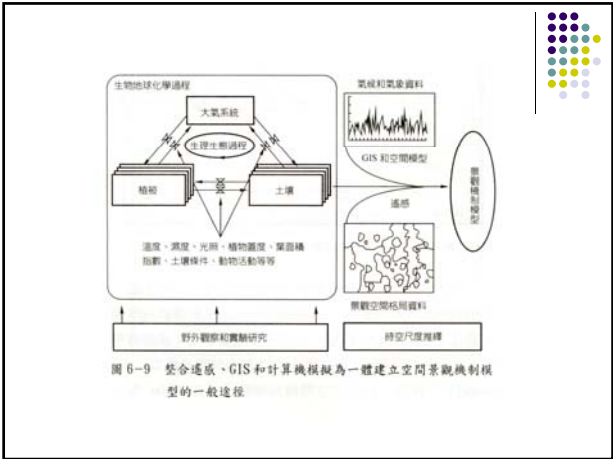


圖 6-9 整合遙感、GIS 和計算機模擬為一體建立空間景觀動態模型的一般過程

6.5.2 空間顯式斑塊動態模型

空間顯式模型最適宜於格局和過程作用頻繁、斑塊周轉率快的生態學系統。而潮間帶生態系統和森林隙動態模型是斑塊動態研究的典型場所。

以下，將詳細介紹另一種空間顯式斑塊動態模型，即向量型空間顯式斑塊動態模型 (vector-based spatial explicit patch dynamics model)。

PatchMod 模型是根據在加利福尼亞州斯坦福特大學的 Jasper Ridge 生物保護區內對蛇紋岩草地的研究而建立的。Jasper Ridge 蛇紋岩草地是斑塊動態建模方法的理想系統之一。

圖 6-10 位於加州斯坦福特大學 Jasper Ridge 生物保護區的蛇紋岩草地上的深色斑塊是火災後新露出的土壤

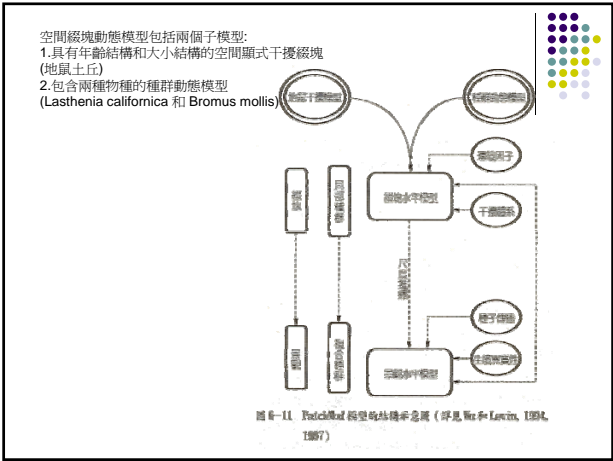


圖 6-11 PatchMod 模型結構總圖 (詳見 Wei 和 Levin, 1994, 1997)

基於斑塊的多物種植物種群動態模型可以下式表示：

$$N_{i,t+1} = (N_{i,t} f_{i,t} + I_{i,t} - D_{i,t})(A_{i,t+1}/A_i) g_i \quad (6.12)$$

圖 6-12 兩個植物種 (*Lasthenia californica* 和 *Bromus mollis*) 的共存必須由持續的干擾來維持

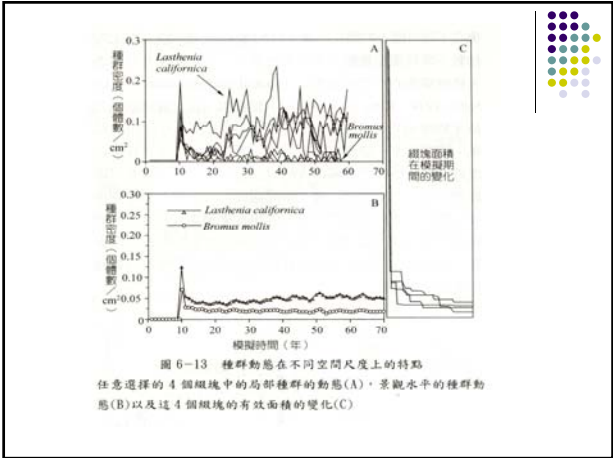


圖 6-13 種群動態在不同空間尺度上的特點
任意選擇的 4 個斑塊中的局部種群的動態(A)，景觀水平的種群動態(B)以及這 4 個斑塊的有效面積的變化(C)

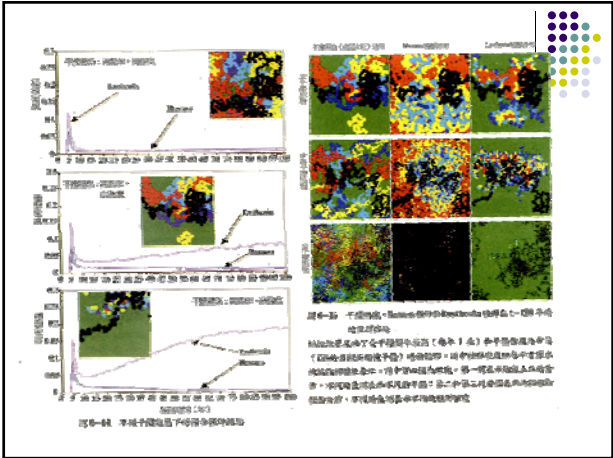
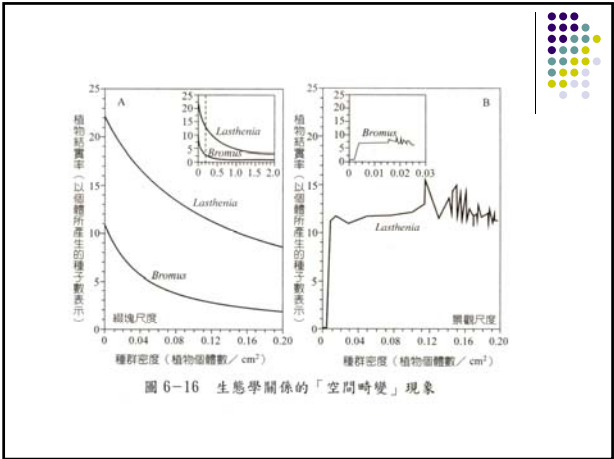


圖 6-14 兩個植物種在不同空間尺度上的動態特點



6.6 尺度推釋

6.6.1 尺度推釋的必要性

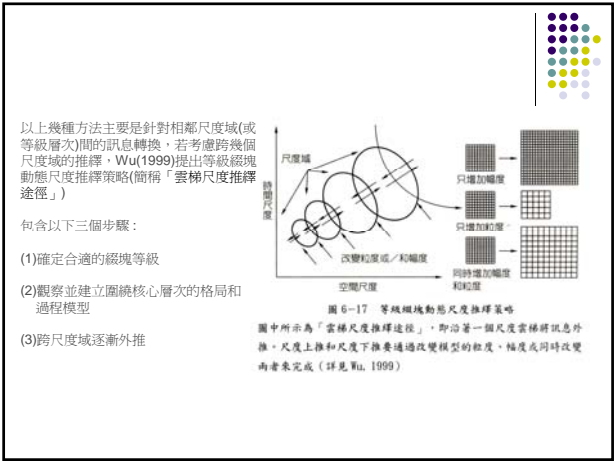
生態學中大多數研究是在小範圍和短時間內完成的，而且缺乏重複性。但是大多數環境和資源管理問題發生在大或中尺度上，要解決大尺度的問題，就必須將一個尺度上的訊息推釋到另一個尺度上，這就是尺度推釋(scaling)。

6.6.2 尺度推釋的途徑

King(1991)歸納利用生態學模型進行尺度上推的4種基本方法：

- (1)簡單聚合法
- (2)直接外推法
- (3)期望值外推法
- (4)顯式積分法

$$\bar{Y} = AE[f(x, p, z)] \approx AE[Y] \quad (6.13)$$



6.7 景觀實驗模型系統

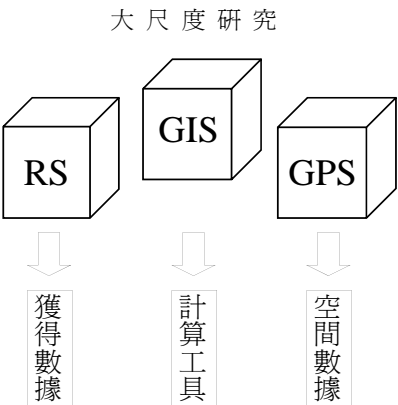
與宏觀景觀途徑相比，微觀景觀實驗方法具有空間幅度小，景觀動態速率快，較易控制各種因素，較易觀測格局與過程的變化，可重複性高以及所需經費少等優點。而微觀景觀圖竟又稱為「實驗模型景觀」(experimental model system, EMS)。



簡報結束 請多指教

第七章
遙感、地理資訊系統
和全球定位系統

報告人:許嘉麟

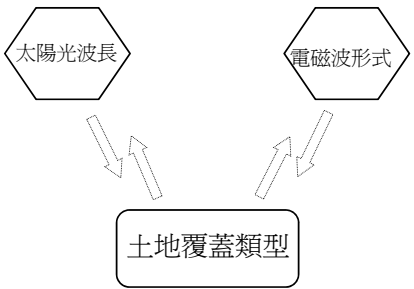


RS

遙感探測 (Remote sensing ; RS)

- 自一段觀測距離，
以未直接接觸物體方式，
記錄和檢測地球表面環境資料
- 衛星影像、空中攝影、雷達

RS 原理



RS

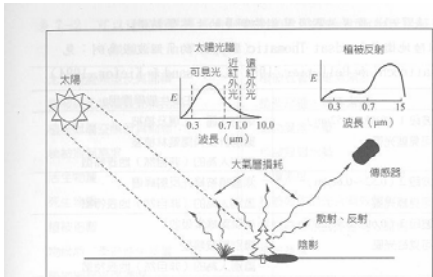


圖 7-2 陸地遙感中光源、觀測目標和傳感器之間的幾何關係與工作原理解 (引自 Waring 和 Running, 1998)

RS 優點

- 避免直接干擾 可重複觀察
- 獲得大尺度生態與物理訊息
- 監測大尺度格局動態
- 多尺度資料
高度 光譜 空間分辨率
- 空間資料數據形式
利於處理分析

RS

表 7-1 衛星波段及其能夠測量的生態學特徵
(以陸地衛星 Landsat Thematic Mapper 的 7 個波段為例；見 Quattrochi 和 Pelletier, 1991；Lillesand 和 Kiefer, 1994)

波段	主要生態學應用
波段 1 (0.45~0.52μm) 可見藍光區	識別水體、土壤及植被 識別針葉與闊葉林植被 識別人為的 (非自然) 地表特徵
波段 2 (0.52~0.60μm) 可見綠光區	測量植被綠光反射率 識別人為的 (非自然) 地表特徵
波段 3 (0.60~0.90μm) 可見紅光區	檢測葉綠素吸收 識別植被類型 識別人為的 (非自然) 地表特徵
波段 4 (0.76~0.90μm) 近紅外反射區	識別植被類型及生物量 識別水體和土壤濕度
波段 5 (1.55~1.75μm) 中紅外反射區	識別土壤濕度及植物含水量 識別雪和雲
波段 6 (10.4~12.5μm) 遠紅外反射區	識別植物葉片溫度、土壤濕度 測量地表熱通量
波段 7 (2.08~2.35μm) 中紅外反射區	識別礦物及岩石類型 識別植被含水量

RS

表 7-2 可以通過衛星遙感多項生態學特徵 (根據 Ustin 等)

土地覆蓋類型及其面積	植被與土壤覆蓋面積比	植被冠層空隙及其動態	植被冠層高度	活生物量	死生物量	植被指數	物候期/季節性生長量	植被蒸騰	有效輻射
------------	------------	------------	--------	------	------	------	------------	------	------

NDVI
Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = (\lambda_{IR} - \lambda_R) / (\lambda_{IR} + \lambda_R)$$

RS

於景觀生態學的應用

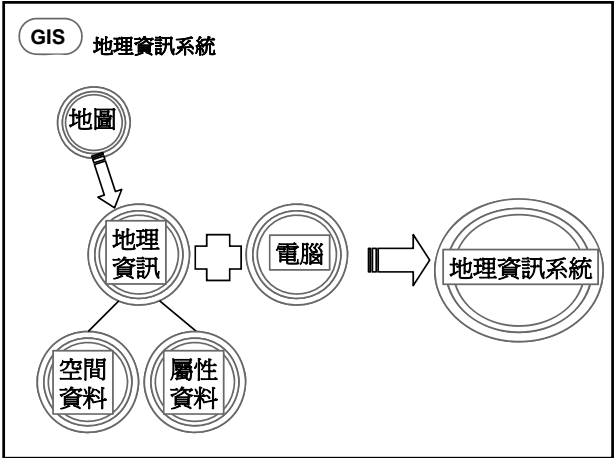
- 植被與土地利用的分類
- 生態系統和景觀特徵的定量化
- 景觀動態和生態系統管理的研究

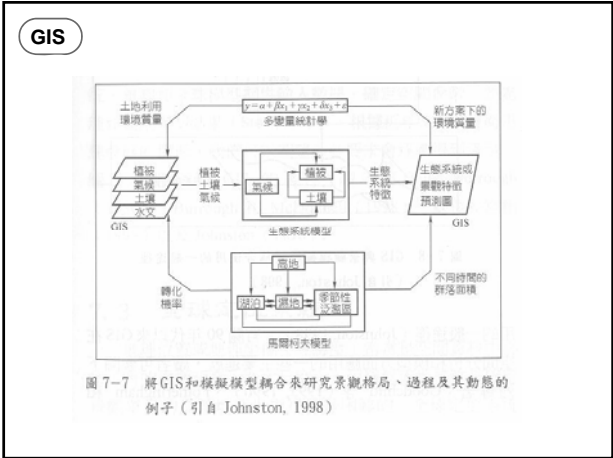
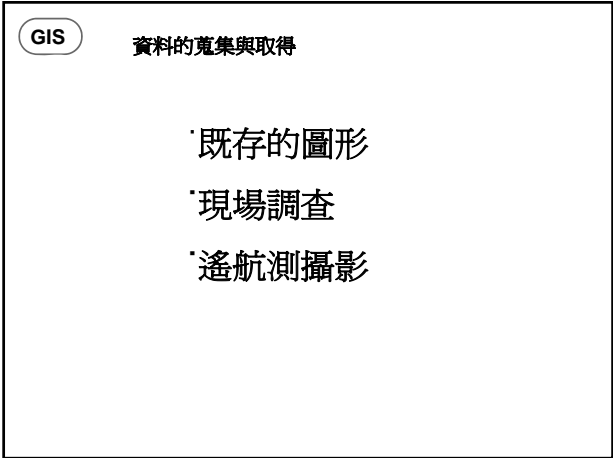
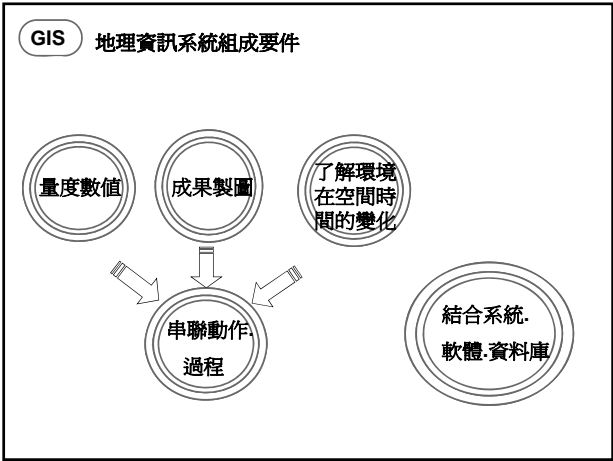
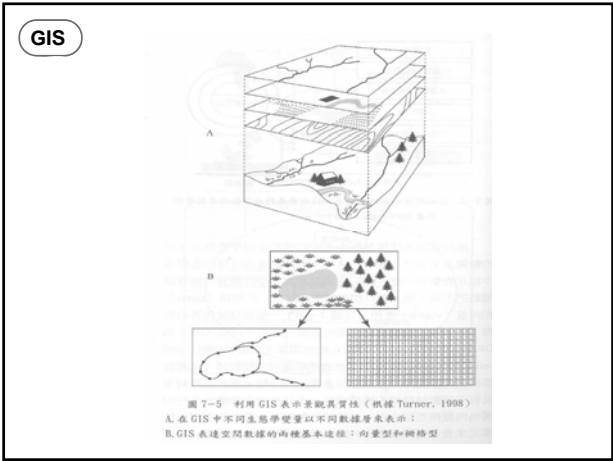
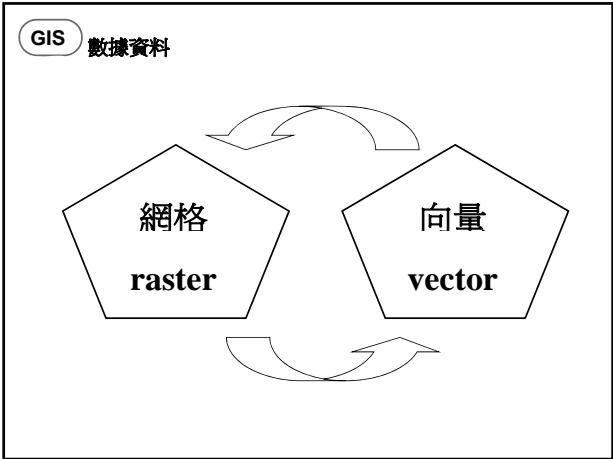
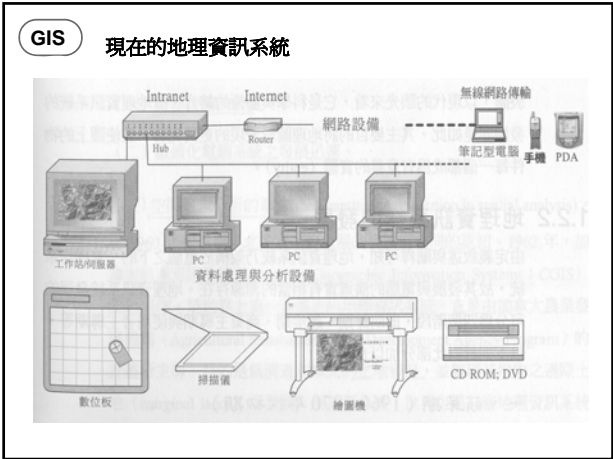
監測生態學系統在不同尺度上
格局與過程變化
極為重要的工具

GIS

地理資訊系統
(Geography Information System ; GIS)

- 整合型系統
- 可以電腦為輔助基礎
- 進行空間資料的
建立、存取、管理、分析及展示
- 與其他資訊相連結,而做更廣泛的應用。





GIS 優點

模擬模式與GIS結合
以解決大尺度景觀的
空間異質性與複雜性問題

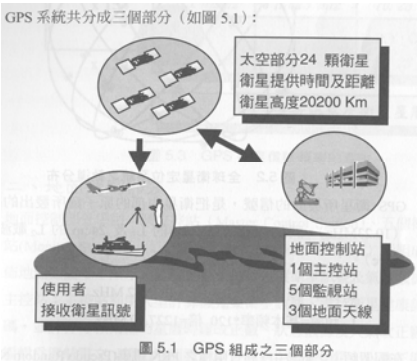
GPS

全球衛星定位系統
Global Positioning System：GPS
·微電子學高度發展的產品
·在任何時間、任何對空通視良好地點
以衛星接收儀
接收衛星所發出之電磁波訊
·可精確測量計算出所在地點的
位置、時間及移動速度

GPS 傳統定位與衛星定位的比較

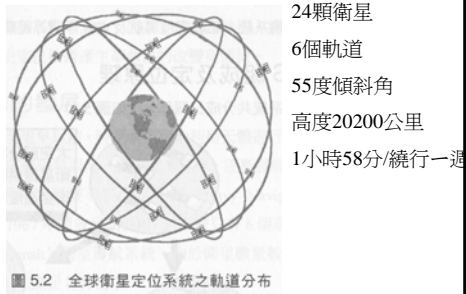
	傳統定位	衛星定位
座標 測量方法	三角法 導線法 引點法 交會法 經緯儀 測距儀	衛星定位技術
限制	時間、地點、操作繁複	選點處 需透空度良好
優點		快速、簡便、精確

GPS 系統組成



GPS

太空部份

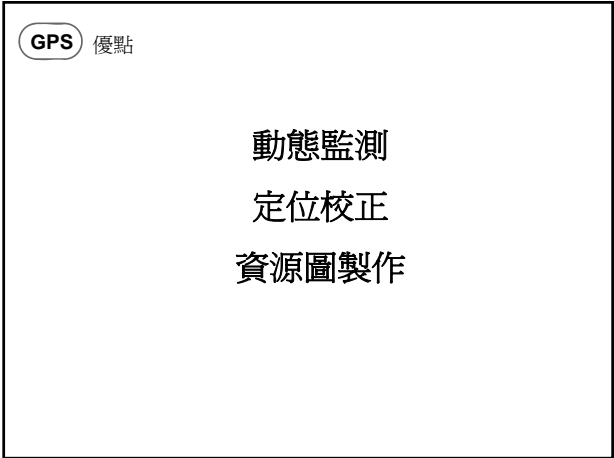
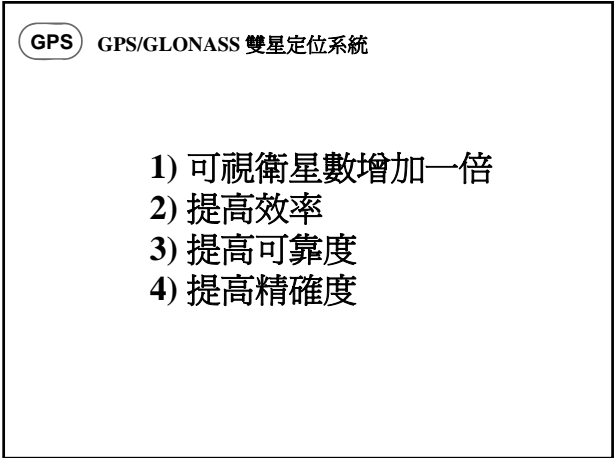
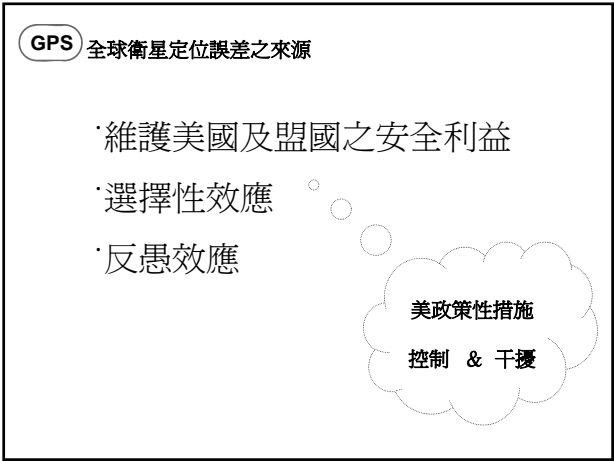
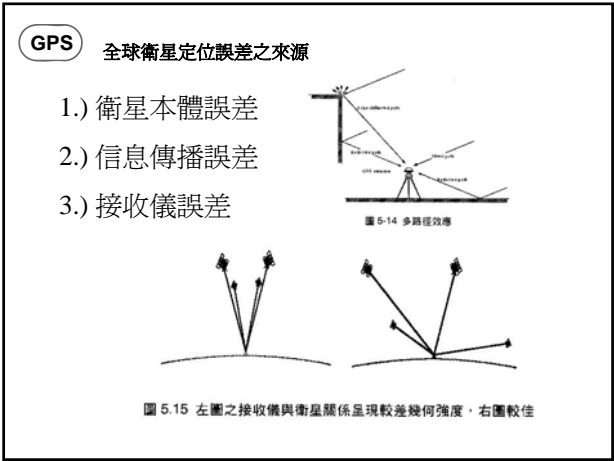
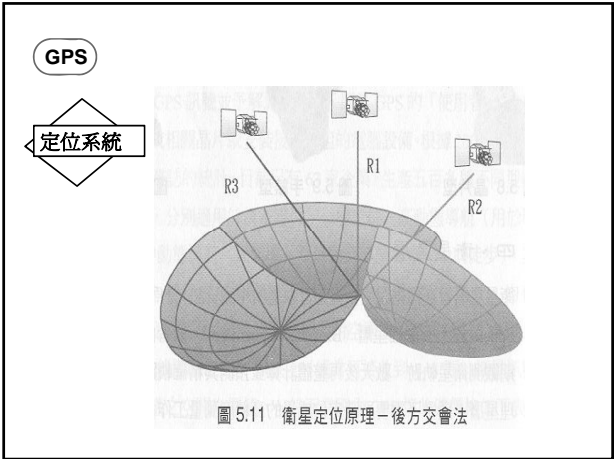


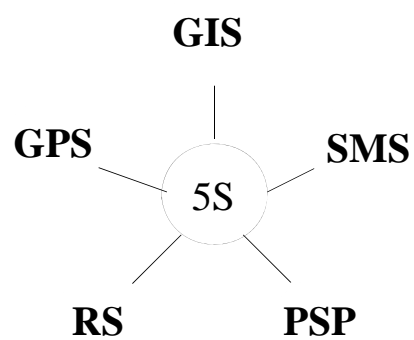
GPS

使用者

導航用





SMS**模擬模式系統**Simulation modeling system, **SMS****PSP****永久樣區設置****Permanent Sampling Plots : PSP****5S**

景觀資源調查技術



謝謝指教!

景觀生態學應用

學生：連祥萍

景觀生態學應用

- Naveh 和 Lieberman ,1984
- Forman 和 Gorden ,1986
- Zonneveld ,1995

景觀生態學的發展從一開始就與土地規劃、土地管理和復育、森林管理、農業生產實踐、自然保護等實際問題密切聯繫。

景觀生態學應用

- 傳統的生態學思想強調生態學系統的平衡態、穩定性、均質性、確定性以及可預測性，這些反映「自然均衡」(balance of nature)的觀點在自然保護和資源管理的應用中長期以來佔有統治地位。
(Pickett 等，1992)
- 強調多尺度上空間格局和生態學過程相互作用以及塊區動態的景觀生態學觀點為解決實際的環境和生態問題提供了一個更合理，更有效的概念構架。

Balance of Nature

A

B

Balance of Nature

C

景觀生態學應用的兩種指導思想

歐洲景觀生態學 (整體論觀點的) 功能生態學

北美景觀生態學 (塊區動態) 空間隔局分析

景觀規劃與建築

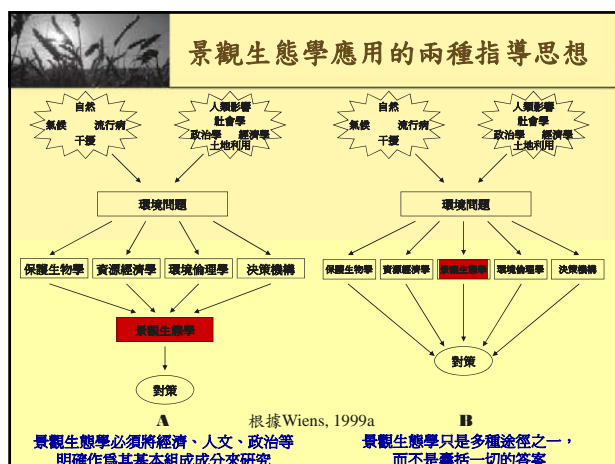
資源管理

地理資訊系統GIS

數學模型

融合

現代景觀生態學



景觀生態學應用原理

- 景觀生態學在應用中的特點顯示在幾個方面
- ①強調空間異質性的重要性
- ②強調尺度的重要性
- ③強調空間格局與生態學過程的相互作用
- ④強調生態學系統的等級特徵
- ⑤強調塊區動態觀點，明確地將干擾作為系統的一個組成部分來考慮
- ⑥強調社會、經濟等人為因素與生態過程的密切聯繫

景觀生態學應用原理

- Forman 和 Godron 1986年提出景觀生態學的一般原理
- ①景觀結構與功能原理
- ②生物多樣性原理
- ③物種流原理
- ④營養再分配原理
- ⑤能量流動原理
- ⑥景觀變化原理
- ⑦景觀穩定性原理

景觀生態學應用原理

- Forman (1995b) 1995年進一步將原理擴展並歸納
- ①景觀和區域
 - a. 景觀和區域性原理
 - b. 塊區、廊道和基底原理
- ②塊區和廊道
 - c. 大面積自然植被塊區原理
 - d. 塊區形狀原理
 - e. 生態系統間相互作用原理
 - f. 複合種群動態原理

景觀生態學應用原理

- ③鑲嵌體
 - g. 景觀抵抗性原理
 - h. 粒度粗細原理
 - i. 景觀變化原理
 - j. 鑲嵌體序列原理
- ④應用
 - k. 聚集—零散格局原理
 - l. 關鍵性格局原理

景觀生態學應用原理

- Dramstad 等 1996年將這些原理分四個部分，總結出55個比較具體而明確的原理，簡述如下：
- (1) 有關綴塊的原理
- (2) 有關邊界的原理
- (3) 有關廊道和連接度的原理
- (4) 有關鑲嵌體的原理

有關塊區的原理

- 塊區的大小
 1. 邊界棲息地與物種
Edge habitat and species
 2. 內部棲息地與物種
Interior habitat and species
 3. 地方性物種滅絕的可能性
Local extinction probability
 4. 滅絕
Extinction
 5. 棲息地之差異
Habitat diversity
 6. 對外干擾設置障礙
Barrier to disturbance
 7. 大型塊區之效益
Large patch benefits
 8. 小型塊區之效益
Small patch benefits

有關塊區的原理

- 塊區的數目
 9. 喪失棲息地
Habitat loss
 10. 影響族群之間的動態
Metapopulation dynamics
 11. 大型塊區的數目
Number of large patches
 12. 集合數個塊區以形成棲息地
Grouped patches habitat
- 塊區的位置
 13. 物種滅絕
Extinction
 14. 重新殖民運動
Recolonization
 15. 如何選擇塊區成為保育區
Patch selection for conservation

有關邊界的原理

- 邊緣結構
 1. 邊緣結構之多樣性
Edge structural diversity
 2. 邊緣寬度
Edge width
 3. 行政與自然生態邊界
Administrative and natural ecological boundary
 4. 邊界如同過濾網
Edge as filter
 5. 塊區地形之險峻陡峭
Edge abruptness
 6. 自然與人為邊界
Natural and human edges
 7. 直線型邊界與曲線型邊界
Straight and curvilinear boundaries
 8. 剛硬與柔軟的邊界
Hard and soft boundaries

有關邊界的原理

- 邊緣結構
 9. 邊界曲線性及寬度
Edge curvilinearity and width
- 邊界形狀
 11. 邊界與內部物種
Edge and interior species
 12. 與周圍環境之相互影響
Interaction with surroundings
 13. 生態學上「最理想」的塊區形狀
Ecologically "optimum" patch shape
 14. 形狀與方向
Shape and Orientation

有關廊道和連接度的原理

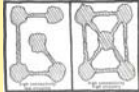
- 廊道和物種運動
 1. 廊道功能之控制
Controls on corridors functions
 2. 廊道缺口之有效性
Corridors gap effectiveness
 3. 結構相似性與植物相似性
Structural versus floristic similarity
- 踏腳石
 4. 踏腳石之連接
Steppingstone connectivity
 5. 踏腳石之間的距離
Distance between stepping stones
 6. 踏腳石之喪失
Loss of a stepping stone
 7. 串連型態的踏腳石
Cluster of stepping stones

有關廊道和連接度的原理


- 道路和防風林帶
 8. 道路與其它「低谷」廊道
Road and other "brought" corridors
 9. 風的侵襲及其支配控制
Wind erosion and its control
- 河流廊道
 10. 溪流廊道及可溶解物質
Stream corridor and dissolved substances
 11. 主要溪流之廊道寬度
Corridor width for main stream
 12. 河流之廊道寬度
Corridor width for a river
 13. 溪流廊道之連接性
Connectivity of a stream corridor

有關鑲嵌體的原理


• 網路



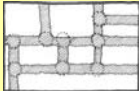
1. 網絡連結性及線路系統
Network connectivity and circuitry



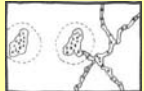
2. 環線及替代路線之程度
Loops and alternatives




3. 廊道密集與網狀尺寸大小
Corridor density and mesh size



4. 交會處的效益
Intersection effect



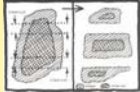
5. 位在小型相連塊區之物種
Species in a small connected patch




6. 散播及小型連接塊區
Dispersal and small connected patch

有關鑲嵌體的原理


• 破碎化和格局



7. 整體棲息地的喪失及內部棲息地
Loss of total versus interior habitat




8. 不規則碎片形之塊區
Fractal patches




9. 郊區化作用、外來物種及
保育區
Suburbanization, exotics,
and protected areas


• 尺度粗細



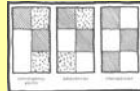
10. 嵌合體之紋理尺寸
Grain size of mosaics



11. 在破碎規模中動物的感知
能力
Animal perception of scale of
fragmentation



12. 特殊物種與普通物種
Specialists and generalists



13. 嵌合體形成之於擁有多數
棲息地之物種
Mosaic pattern for
multihabitat species

景觀生態學應用的一些重要領域

• 自然保護及復育生態學

★ 生物多樣性不只是物種多樣性、基因多樣性或生態多樣性，也不是它們的簡單相加而得的總和。生物多樣性是一個具有等級、時空尺度和格局特徵的複雜系統概念。
(Noss, 1990)

★ 復育生態學是為生態學系統的恢復提供科學理論基礎以及可行的技術實施方案。

景觀生態學應用的一些重要領域

• 自然保護及復育生態學

★ 物種的保護必然要同時考慮它們所生存的生態系統和景觀的多樣性和完整性。

★ 保護的景觀途徑並不是把整個景觀作為保護區，而是強調應用景觀生態學的理論和原理設計自然保護方案，當然這一途徑必然要涉及到多尺度和大尺度。

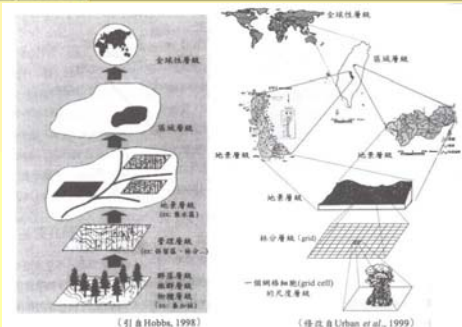
景觀生態學應用的一些重要領域

• 生態系統管理

★ 生態系統管理的目的是保護異質景觀中的物種和自然生態系統，維持正常的生態學和進化過程，合理利用自然資源，從而保證生態系統的永續性。

★ 區域景觀尺度
(regional landscape scale)
是考慮自然資源的宏觀永續利用和對付全球氣候變化帶來的生態學後果的最合理尺度。

區域景觀尺度



(引自 Hobbs, 1998) (修改自 Urban et al., 1999)

「全球-區域-景觀-林分-單株」尺度層級圖

資料來源：景觀生態學—理論與實踐、胡祥、賴明訓、薛治強編著，p116

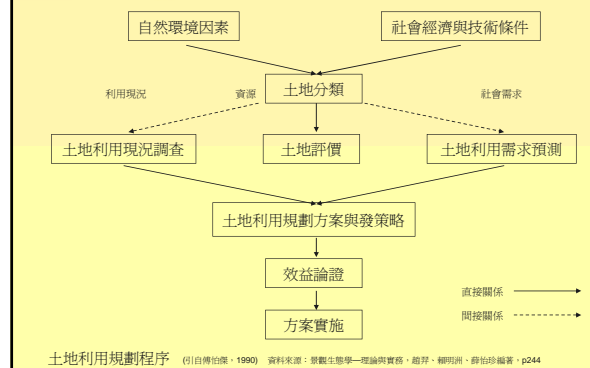
44

景觀生態學應用的一些重要領域

• 土地利用規劃

景觀生態學的主要目的之一是理解空間結構如何影響生態學過程。土地利用規劃（包括景觀和城市規劃與設計）強調人類與自然的協調性，自然保護思想在這一領域日趨重要。

景觀生態學應用的一些重要領域



景觀生態學應用的一些重要領域

• 景觀生態學中的格局分析和空間模型方法與遙感技術結合，可大大促進土地利用規劃的科學性和可行性。

- 在其它方面的應用有：
 - 全球變化
 - 農業生態學
 - 環境質量評價和監測…等等。

Thanks for your attention !!



第一章、地景生態學導論



主要章節內容

- What is landscape ecology?
- Why landscape ecology has emerged as a distinct area of study?
- The intellectual roots of landscape ecology?

常用詞彙：

- **Configuration:** 結構
空間元素的安排; 通常用於空間或嵌合體的構造。
- **Connectivity:** 連接
棲地的空間連續性或是橫跨地景的地覆型式。
- **Corridor:** 廊道
某一型態與其相鄰兩側區域相較相對上較狹窄呈條狀者。
- **Cover type:** 覆蓋型式
一種分類, 用來區分地景不同的棲地、生態系統、植被型態。
- **Edge:** 邊緣
生態系或覆蓋形式的一部份, 接近四周。
- **Fragmentation:** 碎塊
棲地或覆蓋型式崩潰分離成較小、不連續的部份。

常用詞彙：

- **Heterogeneity:** 異質性
相異的元素所組成的質量或狀態, 如混合的棲地或覆蓋型式; 與同質性相反, 其元素是相同的。
- **Landscape:** 地景
指一區域, 其在空間上至少有一探討因素是異質性的。
- **Matrix:** 基質
地景中的背景覆蓋型式, 特徵為具廣大的覆蓋和高度的連結性; 並非所有的地景具可定義的基質。
- **Patch:** 嵌塊
指一表面區域, 與其四周的自然與表現不同。
- **Scale:** 尺度
一個事物或過程在關於時間或溫度方面的向度, 特徵為粒度及幅度。

What is landscape ecology?

- 強調空間格局和生態過程間的交互作用
- 空間異質性在某一尺度下的前因後果
- 地景生態學一詞由德國生物地理學家Carl Troll (1939) 所提出, 源於歐洲傳統區域地理、植被科學, 特別在航照透視。
- 結合地理空間與生態學的研究
- 強調兩個重要觀念: (與ecology區分)
 - 明確地指出空間結構在生態過程中的重要性 (Fig1.1)
 - 地景生態學重點多在空間的尺度, 比傳統的生態大, 傳統生態的地景多為人類眼睛所見 (Fig1.2)

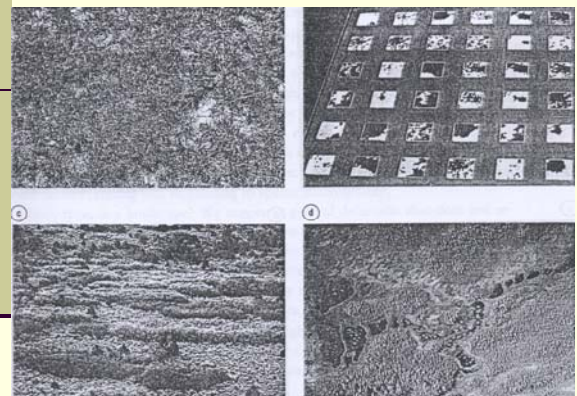


Fig 1.1 地景的概念, 空間的嵌塊體於各種空間尺度...

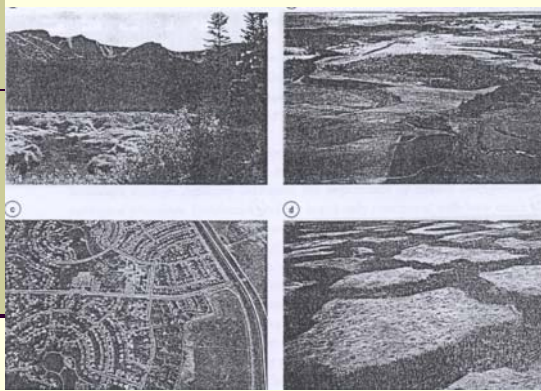


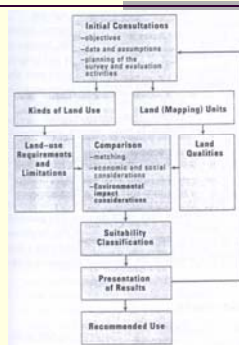
Fig 1.2 美國西部各種不同型態的地景....

Why landscape ecology has emerged as a distinct area of study?

- 地景生態學為何會成為一門學問：
 - 大尺度的環境議題和土地經營問題 Ex.
 - 土地利用或氣候改變時,如何經營大面積的本土動植物
 - 如何解決棲地破碎或喪失時所產生的影響
 - 生態學新的相對尺度概念的發展
 - 詳ch2
 - 技術的進步, 包括空間資料廣泛的利用性、電腦的軟體的操作及電腦功能的快速成長等

The Intellectual roots of landscape ecology

- 地景生態學起源於歐洲中、東部, 俄國也有類似的研究
- 1950、1960年代開始在歐洲廣泛接受, 強調土地的價值、分類與繪圖



The Intellectual roots of landscape ecology

- 涉及的相關學理：
 - 植物社會學及生物地理學
 - 地景規劃、設計與管理
 - McHarg (1965) 疊圖
 - Watt (1947) 嵌塊結構
 - Burgess and Sharpe (1981) 碎塊
 - Holling (1978) 經營管理

The Intellectual roots of landscape ecology

- 涉及的相關學理：
 - 多學科的研究與區域性的模式化
 - 地理科學對地景生態學的方法論有很重要的貢獻
 - 衛星影像將地覆型式分類, 成為珍貴的資源
 - 電腦軟體的發展
 - 中心地方理論 (central place theory)

The Intellectual roots of landscape ecology

- 涉及的相關學理：
 - 生態學的空間格局、理論
 - 不穩定的族群可藉地景異質性達到穩定
 - Clark (1980) 格局的破壞會干擾生態堅固的機制
 - Huffaker: 蜘蛛與桔子
 - 重要結論:
 - (1) 格局, 為重要的生態現象, 格局的破壞可能導致害蟲的爆發, 使人類滅亡;
 - (2) 空間格局是複雜的非生命體的限制、生命體的相互影響、與干擾之間相互作用的結果。

The Intellectual roots of landscape ecology

■ 近期的理論發展

· 分形幾何學 (Fractal geometry)

早期應用於地景生態學, 以不規則碎片的尺寸做為人類干擾地景格局的指標, 其它也可應用在昆蟲的遷移、地景質地的測量、...、地景格局的描繪及地景的設計等等。

· 滲透理論 (Percolation theory)

處理地景的大小、形狀和棲地連結的問題, 探討棲地型式在地景所佔百分比產生的作用。....在地景的自然連結度方面可提供重要的觀察。

The Intellectual roots of landscape ecology

· self-organized criticality

例子如雪崩、地震、和強磁性的系統。最近被應用於生態系統如雨林頂部的缺口、洪水、同時進展的多節肢種類族群等。其結果的重要在於可以利用power-law的統計, 由小至中火來評估大火的风险。

THE CRITICAL CONCEPT OF SCALE

第二章 尺度的重要觀念



主要章節內容

- ▣ Scale terminology and its practical application
- ▣ Scale problems
- ▣ Scale Concepts and Hierarchy theory
- ▣ Identifying the "Right" scales
- ▣ Reasoning about scale
- ▣ Scaling up

與尺度相關之名詞與概念

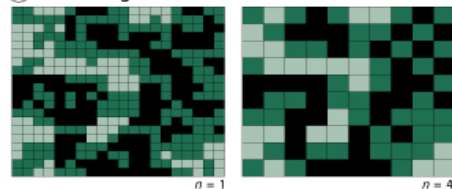
- ▣ Absolute scale: 絕對尺度
實際的距離、方向、形狀和幾何。
- ▣ Extent: 幅度
研究區域的大小, 或研究所考慮期間的大小。
- ▣ Extrapolate: 推估
從已知的價值標準來推論;
由所討論的條件來預測一個價值;
改變一個資訊, 經由 (1) 一個尺度到另一個尺度 (粒度大小或幅度) 或 (2) 同一尺度下, 由一個系統 (或數據) 到另一個系統。
- ▣ Grain: 粒度
空間分析的最小可能等級。

- ▣ Hierarchy: 等級理論
相互連結或組織的系統, 在系統中, 較高層(level)者約束並控制較低層者成為各種的等級 (degree)。
- ▣ Relative scale: 相對尺度
絕對尺度轉變至描述相對距離、方向、幾何的尺度, 根據一些機能上的關連。
- ▣ Scale: 尺度
一個事物或過程在關於時間或溫度方面的向度, 多以粒度及幅度來表示。

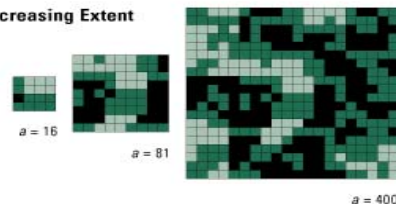
▣ 粒度與幅度：

- 粒度-空間分析最細微的單位
- 例如, 網格圖的方格大小, 或以多邊形繪製圖的最小製圖單元。
- 幅度提出研究區域的整體大小
- 應用-
 - 粒度和幅度易於使用於遙遠的影像時
 - 不同的衛星感應器有不同的粒度
- 例如, SPOT影像的方格大小為10M x 10M, Landsat Thematic Mapper有30M x 30M, 早期的Landsat Multispectral Scanner則為90M x 90M。

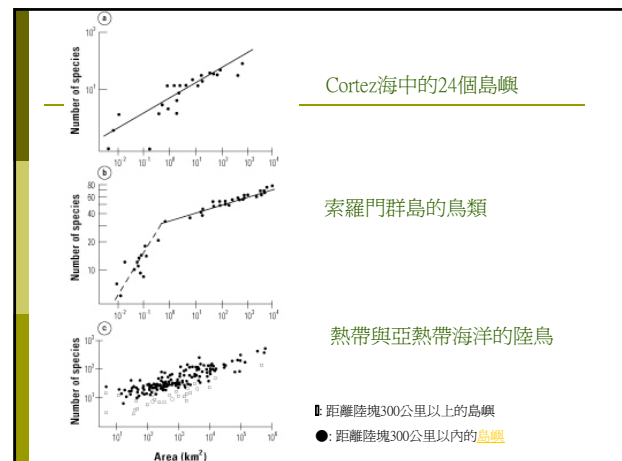
⊙ Increasing Grain Size



⊙ Increasing Extent

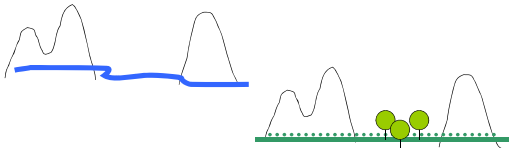


- 測量所用的尺度, 如人口普查面積、遙測數值網格大小等, 都會影響所得的數據。
- 檢測物種豐富度時, 物種數量會隨研究區域面積的大小呈漸近的增加。為避免錯誤的尺度所造成的干擾, 研究區域的大小必須被計算, 在預測物種豐富度之前, 在基地間或時間上, 需要做比對。



絕對尺度與相對尺度

- 絕對尺度是指實際的距離、時間、面積等
- 以相對尺度的觀點：

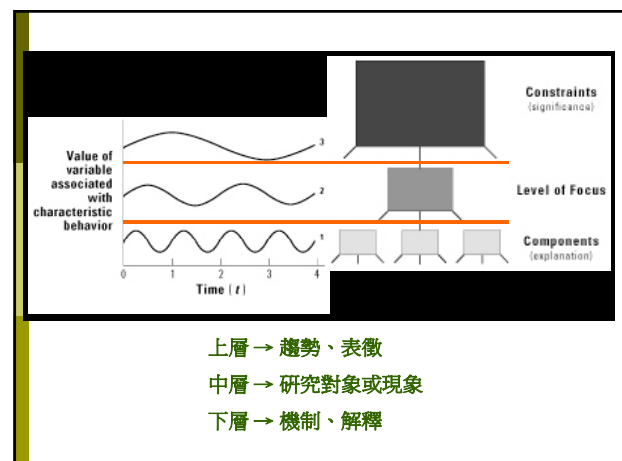
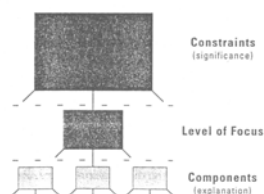


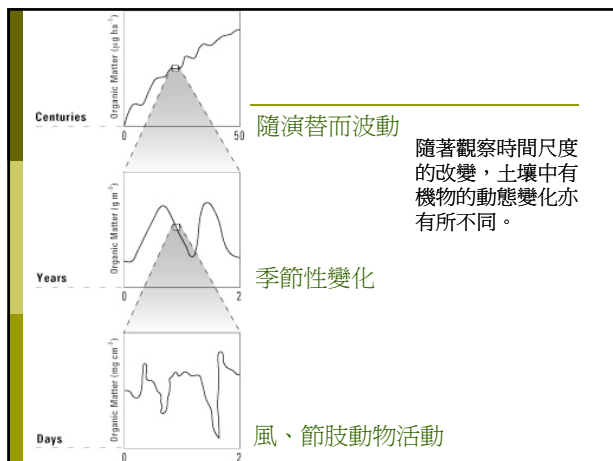
有關尺度的問題

- 範圍(the scale coverage problem)
 - 地表廣大, 製圖困難, 亦難了解其空間變化
- 連結(the scale linkage problem)
 - 不同尺度的資料彼此間無法相互比較
- 標準化(the scale standardization problem)
 - 如何整合不同型態的資料

尺度之觀念與層級理論

- 等級理論—
 - 一種相互連結的系統
 - 系統根據holon成為各種的等級(degree)
- 任何研究至少考慮三個層級
- 雖然影響過程的變數不一定會隨著尺度改變, 但當空間或時間尺度改變時, 相對重要性通常會改變





辨識“正確”的尺度

- ▣ 利用空間統計(spatial statistics) 辨識尺度
- ▣ 多項式迴歸(multiple regression) 能量化不同尺度下一組變數的解釋能力

尺度上推(Scaling up)

- ▣ 地景生態學研究的最前線
- ▣ 尺度上推之挑戰
 - 正確的解釋空間和時間的異質性，以小尺度的資訊
 - 正確的整合或聚集這些異質性到較大的尺度裡。

方法

- ▣ 直接推估(direct extrapolation)
 - 利用由不連續因子模擬所得的資料或模式
 - 適用於“量化的值”(如生物量或淨生長量)，因無空間相關性，且與可由遙測量得的屬性有關
- ▣ 以期望值推估(extrapolation by expected value)
 - 主要誤差來源：機率估計、地景變數的機率分布
- ▣ 注意事項

空間生態學

CH3. Introduce To Models

報告者：趙芷苡
報告日期：2004.12.14

What is a Model?

- 模式是對系統或過程的抽象描述。
- 模式是地景生態學裡的一項重要工具。
- 在科學上，模式提供種種有用的用途。幫助我們能更精確的定義問題，使觀念更清楚。它們提供一個方法去分析資料與傳達結果。最後，或許最重要的是，模式提供我們去做預測。

Steps in Building a Model
Step1: Define the Problem

- 模式發展的最初步驟是詳細說明模式的目的。
- 模式的目標提供模式發展的骨架，模式評價的標準。
- 定義問題將影響模式的種類、所需的複雜程度、在怎樣的空間和時間尺度下操作。

Step2:
Develop the Conceptual Model

- 這個階段包括確認系統的範圍、將模式的構成要素分類並定義其間的關係、以及描述預期的模式行為的格局。
- 模式的概念上發展是最富智力挑戰的階段，且經常地導致對模式問題有價值的精煉或再定義。

- 有兩個不同的途徑是建模者通常採用來定義他們的模式系統。
- 第一個是對系統組成在最初的選擇時儘可能的簡單，包括只具有那些建模者認為需要的變數。
- 另一個途徑，最初的模式可能是包含所有想得到對感興趣問題會產生影響的變數，而前提假設是建模過程將刪減不需要的變數和模式的構成要素。

- 一旦變數的最初選擇和過程作好後，建模者必須考慮構成要素如何互相影響。流程圖是常被使用在建模的這個階段的技術。

Step3: Select the Model Type

- 選擇發展模式的形式取決於模式的預期用途。
- 假如這個問題和系統是相對地簡單，那麼建構一個分析的模式可能是既可行又令人滿意的。
- 如果問題較複雜，則由電腦模擬提供解答，可能是必須的。

Step4: Model Development

- 當模式的結構已經被決定，再來就是真的去寫方程式或邏輯運算來完成模式。
- 在這個階段遭遇的問題，通常需要調整模式的形式，使得步驟三和四成為一個緊緊相連的過程。

Step5: Computer Implementation

- 模式的編碼轉成電腦語言（或是製模套裝軟體）需要小心地檢查方程式和關係的正確性。
- 合理的錯誤，或甚至簡單的排字上的錯誤，可能會不知不覺的改變了這個模式的形式或功能（函數）。因此模式驗證(*model verification*)這個冗長乏味的檢查和測試模式的內在邏輯與一致性的過程，是模式建構一個不可或缺的成分。

- 另一個被忽略但重要的，是提供適當的模式使用說明(*model documentation*)。
- 使用說明可以以大量豐富的注釋陳述發表在電腦程式中，或以分離的文件來描述模式及它的應用。它的重要在於提供了解模式內參數的代號或邏輯的概念。

Step6: Parameter Estimation

- 這個步驟談論模式參數、模式輸入的價值的選擇，以及模式內正式的變數的最初價值。
- 所有的價值必須和模式的目的與被用來描述所關注系統的方程式一致。
- 建模者必須特別注意所有參數和變數的單位的一貫。

Step7: Model Evaluation

- 模式評價包括了模式的結果與資料的比對，和了解模式的敏感性。
- 將模式和資料做比較可以以透過圖表、統計上、或表格形式來表現。
- 所有的比對應該基於模式的目標。

- 敏感性分析是去評估模式內部的特定參數的相對重要性。
- 敏感參數裡的微小改變將導致模式輸出的巨大改變。相反地，即使在不敏感參數有巨大改變，將不會值得注目的影響模式輸出。

The Final Step: Experimentation and Prediction

- 模式預報和相關聯的資料比對，通常是模式建構最渴望的最終點。
- 模式建構的每一階段都必須小心，以確保模式的準確和可靠。
- 然而，再多的小心也將無法保證模式是生態系統的完美描述。所以，有智慧的使用和應用需要意識到所有模式使用上的問題和陷阱。

Caveats in the Use of Models

- Know thy model 熟悉模式
- Errors propagate 誤差累積
- All models are simplifications of reality 所有的模式是將真實世界單純化
- There are never enough data 從來沒有足夠的資料

- high-tech methods do not guarantee a good model 高科技的方法不保證一個好的模式
- Keep an open mind 保持開放的視野

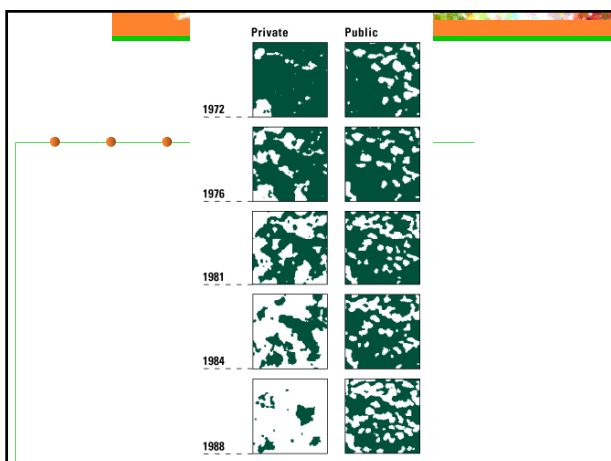
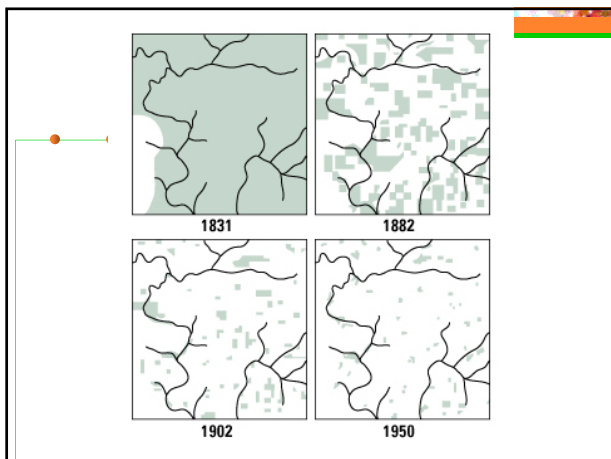
~The End~

Chapter 5 Quantifying Landscape Pattern

地景格局的量化

為什麼要量化格局？

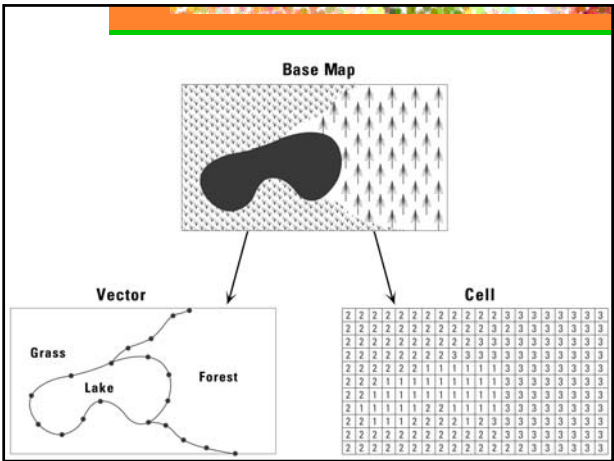
- 地景生態學強調的是空間格局(spatial pattern)和生態過程(ecological process)之關係，此即空間格局量化的必要性。
- 了解地景格局有何重要性？
 1. 地景時間尺度上的變化 figure 5.1
 2. 決定及比較地景之不同 figure 5.2
 3. 計算不同經營方案之差異 figure 5.3
 4. 不同面向的空間格局其過程是很重要的



用於地景分析的資料

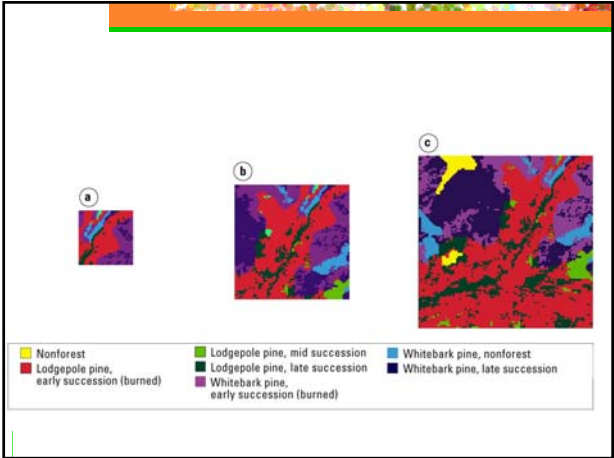
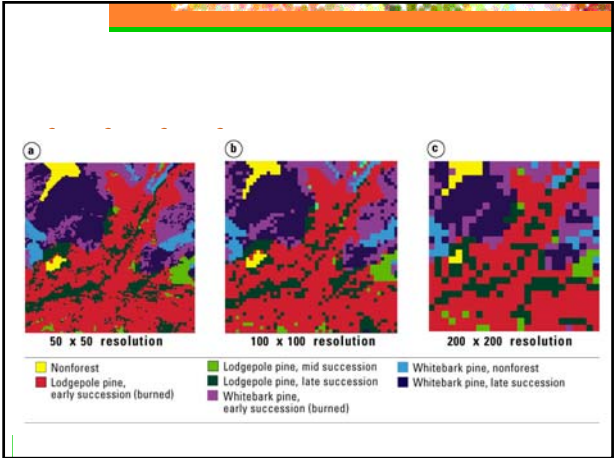
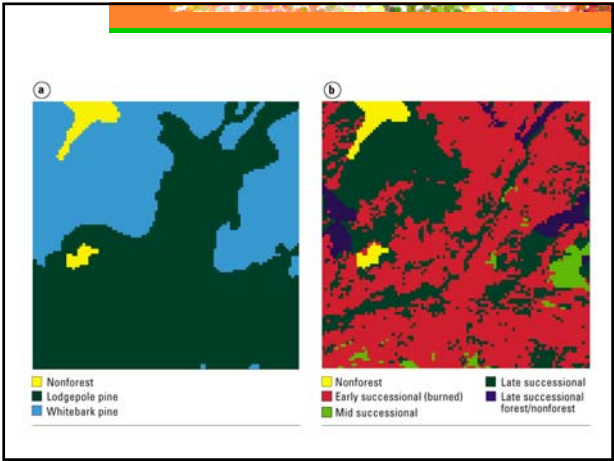
- 地景分析所使用之資料來源：
 1. 航照
 2. 數位遙測
 3. 出版的資料及普查
 4. 田野圖..
- 資料之分類整理 table 5.1

- 資料於電腦的儲存
- 儲存於GIS
- 兩種形式-向量及網格 figure 5.4
- 資料的正確性：分析者難免使用取自不同來源的資料，應了解它的品質。 table 5.2



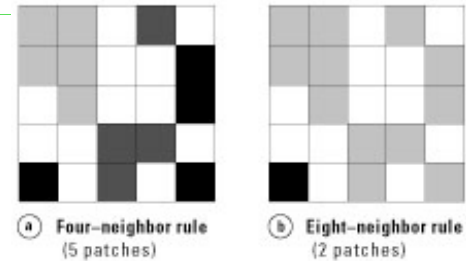
給地景格局分析者的告誡

- 屬性表的分類很重要
- 分類群的選擇不同，造成表示不同figure 5.5
- 尺度必須被定義
- 地圖的粒度改變造成的影響：
粒度增加，地覆種類減少figure 5.6
- 地圖的範圍改變造成的影響：
範圍太小可能使某一地區地覆比例減少figure 5.7



鑑別一嵌塊

- 嵌塊是和其周圍明顯不同之區域(Forman and Godron,1986)
- 有四個方向和八個方向的鑑別法figure 5.8



大多的測量標準是關聯的

- 測量尺度依觀察者在研究中的目的而定
- Ritter et al.(1995)五個獨立的測量尺度因子
 1. 地圖的分層數或地覆類別數
 2. 地景質地粗細
 3. 嵌塊緊密或分散程度
 4. 嵌塊是線性的或平面的
 5. 周緣形狀是複雜或簡單

什麼構成有意義的變遷?

- 分析者要明確的考慮“尺度”，來決定觀察到的變遷是否有意義
- 在目前，建立一個蒐集經驗上生態作用和特定地景結構相關的研究資料庫是有需要的
- 我們能對地景格局的測量和報導力必定比比我們對其生態過程影響的解釋力多，所以測量尺度的應用和解釋必須精確

量化的地景格局之測量尺度

- 本章節分為兩個部分探討
 1. 地景結構的測量尺度
 2. 空間結構的測量

地景結構的測量尺度

- 測量尺度之量化不一定是都和空間相關，它量測現況和相關的東東卻不參考它在地景中的位置
- Fraction or proportion (p_i) occupied
 - P_i =計算某一類別的網格數/全部網格數
 - i =第1~ s 種地覆， p =比例， p_i 期望值= $1/s$

Relative Richness

- $R = s/s_{\max} * 100$
- s = 現有地覆種類， s_{\max} = 可能最多的地覆種類(獨斷的或可相似地景)

Diversity and Dominance

$$H = \frac{-\sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)}{\ln(s)}$$

- H = 歧異度， p_i = proportion (p_i) occupied， s = 現有地覆種類

Diversity and Dominance

$$D = \frac{H_{\max} + \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)}{H_{\max}}$$

- D = 優勢種， H = 歧異度， p_i = proportion (p_i) occupied

Connectivity

- 若一地景可用一連串的節點和連結線表示則 $\gamma = L/L_{\max} = L/3(V-2)$
- L = 線的數量， V = 節點數

空間結構的量測I:(contagion)接觸

Probability of adjacency

- $q_{ij} = n_{ij}/n_i$
- n_i = 第 i 種地覆種類的數量， n_{ij} = 當地覆類別 i 相鄰 j 時情況的數量

Contagion

$$C = \frac{1 + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s (P_{ij} \ln(P_{ij}))}{2 \ln(s)}$$

- P_{ij} = 兩隨機的相鄰像素是地覆類別 i 及 j ， $P_{ij} = P_i P_j / i$ ， s = 現有地覆種類

空間結構的量測II:基於嵌塊之測量尺度

- 嵌塊鑑別有
- 1. 四鄰規則
- 2. 八鄰規則

- Connectivity
- $RS_i = LC_i / \pi_i * m * n$
- LC_i = 最大嵌塊體地覆種類, π_i = proportion (π_i) occupied, $m * n$ 給此大小之地景包含 m 列 n 行

■ Proximity

$$PX_i = \sum \frac{sk}{nk}$$

- PX_i = 第 i 嵌塊的隔離程度, 且包含一具體距離, sk 是在 buffer 中嵌塊 k 的面積, nk 是在焦點上的嵌塊的網格和嵌塊 k 的最近的網格之間最相近距離

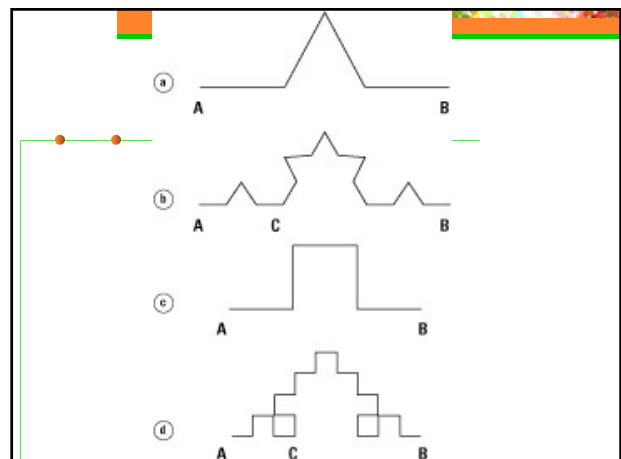
■ Area-Weight average patch size

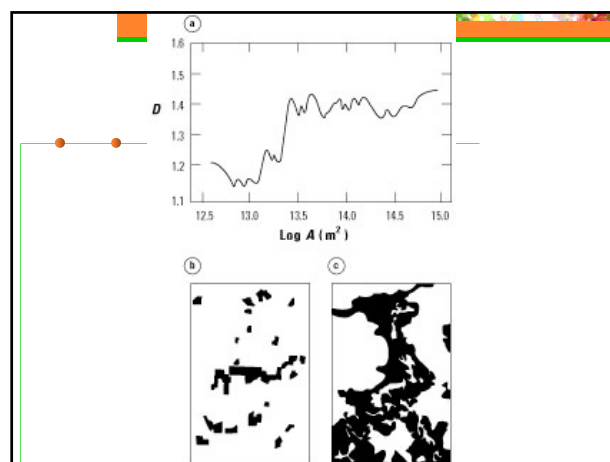
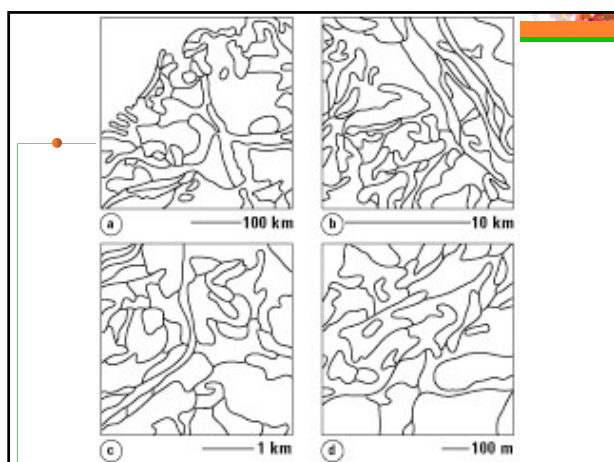
$$Sa = \frac{\sum (Sk^2)}{\sum (Sk)}$$

- 若有 n 個嵌塊在地景中, Sk 是第 k 嵌塊的大小

■ Fractals

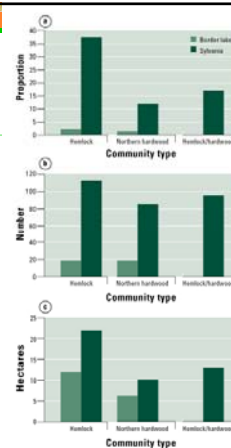
- $D = \log N / \log r$
- N = 用來量測格局的一段長度量出的段數,
- r = 尺度比例
- Fig 5.9





- The fractal as a measure of patch shape
- $A = (kP)^d$
- A是面積，P是周長(or半徑,直徑)，k依P的量測不同而變的常數，d=碎行維度
- $d = \ln(A)/\ln(P) + \ln(k)$

地景格局分析之應用



Chapter 6

Neutral Landscape Models

中性的景觀模型 (NLM)

林宜慧

前言

- null hypothesis

- 虛無假設 (null hypothesis) :
科學的進展是由假設的連續發展及假設試驗的執行來實現，虛無假設可提供需要的參考點來與差異者相對照。
- 現象論 (phenomenology) 及實證方法 (corroborative methods) :
但生態科學不依賴虛無假設，因有太多的變數會影響生態系統，而且生態現象難以量測。因此，現象論及實證方法往往比實驗及假設試驗更為常用。
- 然實證研究缺乏設計與重複性，有效性常令人懷疑。

前言

- why random map ?

- 如何避免 null hypothesis 的缺點？
→ 提供一簡單的標準作為比對
- Random map 因缺少可能組織及結構格局的因子，成為提供研究地景格局最簡單的標準。
- 藉由比對所欲觀測的地景與重複的 random maps，可顯示真實地景結構差異的大小及重要性。

前言

- random map 的應用

- With 和 King (1997) 將 NLM (Neutral Landscape Model) 的應用分為兩類：
- (1) 限定具結構特性之地景的範圍
如嵌塊大小及形狀、邊緣的數量、連接度及自我相關性 (autocorrelation)。
- (2) 預測生態學的過程如何受地景格局所影響
如動物遷移、種子散佈、基因流 (gene flow) 或火災的傳佈等等。

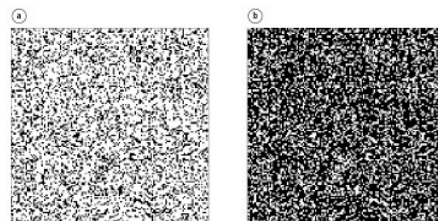
Random maps：最簡單的中性模型

- 建立 random map 的方法：
- (1) 產生一個 $m \times m$ 的矩陣方格
- (2) 分配 0 和 1 到 m^2 個方格中，1 代表感興趣的地覆型 (棲地)，0 為其它。
- 感興趣的棲地出現的機率 p 值被指定，當方格內的隨機數 (random number) $\leq p$ ，方格內設為 1；若 $> p$ 則設為 0。
- 若 map 很大，出現 1 的比例會非常接近 p 值，反之出現 0 的比例則接近 $1-p$ ；而 map 中的棲地總數則各為接近 pm^2 及 $(1-p)m^2$ 。

Random maps：最簡單的中性模型

- Figure 6.1. Random maps with 128 rows and columns. Occupied cells are shown in black.

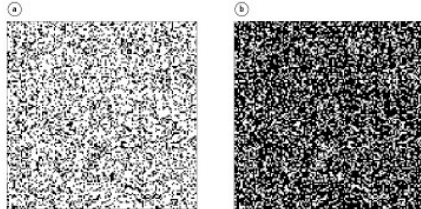
- (a) $p=0.3$
(b) $p=0.7$



Random maps

- cluster and patch

- 當方格為 0 和 1 填滿時，就會看到 cluster 或 patch 形成。
- Cluster 定義為具有相同地覆型，且至少具共同的水平或垂直邊緣 (非對角線的) 的群組 (groups)；而 patch 則經由四鄰或鄰域規則 (nearest-neighbor rule) 確認。

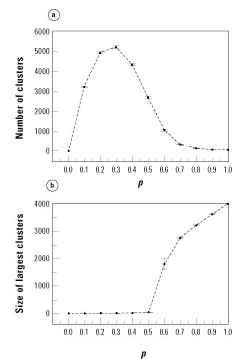


Random maps

- cluster and patch

- Figure 6.2.
(for maps with 200 rows and columns)

- $0.0 < p < 0.3$ 時，patch 數隨 p 值增加而增加；但當 p 仍持續增加，patch 的數目會減少，因為小嵌塊開始合併成為大嵌塊 (圖 a)。
- 邊緣的數量亦受 p 值影響， $p=0.5$ 時最多 (圖 b)。



Random maps

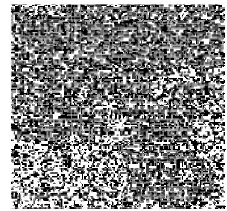
- the truncation effect
& critical threshold

- 截斷效應 (the truncation effect)：
地圖的範圍 (the number of rows and columns) 會影響格局的量測：小面積的地圖嵌塊易被地圖邊界所截斷，當 $p > 0.6$ 時最為明顯。
- 何以截斷效應和 p 有關？→ 滲透理論
以滲透理論解釋格局與 p 的關係，主要與 p 的臨界閾 p_c (critical threshold) 有關。

Random maps

- the truncation effect
& critical threshold

- 當 $p > p_c$ 時，
 - 因為很擁擠，幾乎所有的棲地方格皆會與四鄰之一相接而形成一 cluster，棲地範圍便由地圖的一邊滲透 (percolate) 至另一邊。
 - 常會導致地圖上最大的 cluster 發生截斷。
- 當地圖以連續較大的 p 值所產生時，cluster 的形成過程是非線性的；由四方形形成並以鄰域規則認定之 cluster， p_c 值為 0.59275。



Random maps

- p & p_c

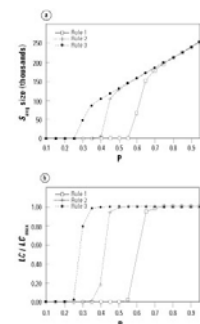
- 以地景破碎化 (fragmentation) 的過程來理解 p 和 p_c ...
- 若一地景的 $p=1.0$ ，表示此地景為單一的地覆型 (如森林)，此時若 p 值再降低，意謂地景的破碎化。
- p 由 1.0 逐漸降至 0.9 期間，林間分離的縫隙會發生，土地逐漸轉變為其它地覆型；0.9 至 0.6 間，林隙更多更大，且邊緣 (edge) 增加，不過，大的 cluster 仍然會滲透。
- p 接近臨界閾時，大 cluster 呈現越來越多的樹枝狀。
- $p=p_c$ 時，cluster 很容易因一個地方的干擾而突然分離。

Random maps

- 鄰域規則

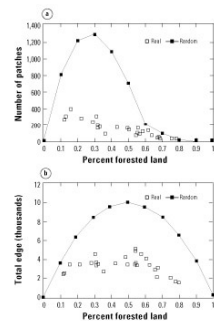
- 鄰域規則的類型亦會影響 p_c 的值：

- 若越遠的鄰居被計算進來，dendritic structure 越大，在較低 p 值時即產生。



Random maps

- POINT :
NLM非表現真實存在的地景，而是為真實地景提供一個標準來比較。
- Fig :
隨機 (random) 產生的地景與真實 (real) 地景間，在嵌塊數及總邊緣數均有明顯的差異。
- $p = 0.0$ 或 1.0 ，真實地景與隨機地景間越相似。
- $0.1 < p < 0.3$ ，較大的嵌塊數。
- $0.1 < p < 0.5$ 真實地景之 clusters 明顯較 NLM 的少。
- $p = 0.5$ ，真實地景的邊緣數是大，但仍比隨機地景少。

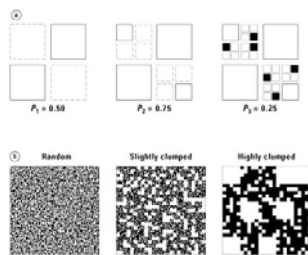


Random maps

- 小結：
 $p > p_c$ ，為具有單一較大而佔優勢的地景；
 $p < p_c$ ，則是為數多而較小、破碎化的地景。

等級結構的中性模型 (Hierarchical maps)

- WHY?
真實地景的格局會受尺度影響而變遷，大範圍尺度中，各因子可能使地景類型所轉變。
- WHEN?
NLM具有尺度相依於格局的特性時，可運用遞迴過程 (recursive procedure) 建立地圖。



Hierarchical maps

- 等級結構的中性模型：
提供瞭解受尺度影響 (scale-dependent) 之格局的改變過程，可用以研究結構的效應。

碎形地景 (Fractal landscapes)

- 碎形地景的中性模型用以處理更複雜的地景，來表現連續性、自動關連的格局變異。
 - 步驟：
 - 以 H 產生一地形圖 (topographic map)
 - 將地形圖轉換為等高線
 - 將棲地分置於等高線間
- X_t 為高斯分佈 (Gaussian distribution) 上任一點，
與前一步驟距離為 $X_{t+1} - X_t$ ，
 H 為控制兩連續步驟的相關性的值。



NLMs 的重要課題

- 地圖尺寸大小：
地圖邊界由於地圖嵌塊被截斷 (truncation) 而受影響。地圖尺寸減少和 p 增加時，截斷的影響變得嚴重。如，小於 100×100 時。
- 嵌塊結構：
有著由 p 決定數字的嵌塊，簡單的隨機地圖有最好數字的嵌塊，藉由被 p 決定的碎屑數字。當蔓延的格局產生，嵌塊的數字就會減少。

✦ 臨界閾的連結度：

當 p 接近 0.6，簡單的隨機地圖可能會有單一叢跨越地圖（過濾）；當有非常高或低的蔓延時，在 $p > 0.6$ 時會滲透；蔓延適度時，在 $p < 0.6$ 時滲透。

當地景高於連結度的臨界閾，嵌塊易變的較大及蔓延，不同格局間的差異較少；反之，嵌塊易變小及碎塊，不同格局間的差異較大。在所有的地圖中，滲透的可能性直接與最大嵌塊的大小有關。

✦ 連結度和尺度：

連結度直接與棲地豐富度 (p)、適當棲地的空間安排和過程的資源利用規則有關。

第七章 地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMIC

報告日期：2005.01.11

干擾

- 干擾創造了格局，並且是許多生態和地景裡一個重要且不可或缺的部分。干擾的成因、格局、動態和結果已經是地景生態的重要研究主題。
- 干擾(disturbance)
 - 被定義為一個中斷生態系、群叢、或族群的結構，且改變了可利用的資源或自然環境的相當不連續的事件。
 - 干擾的定義是依據尺度的

- 干擾發生的時間長短
 - 颶風或暴風(幾個小時到幾天)、火災(幾個小時到幾個月)、火山爆發(幾天或幾個星期)。
- 干擾的來源
 - 非生物性的：颶風、龍捲風、火山爆發
 - 生物性的：外來有害物種的蔓延
 - 結合兩者的：火災需要適合的條件去點燃和燃燒(非生物性)，也需要適當的燃料來源，(生物性)。

干擾機制

- 干擾機制(disturbance regime)
 - 指的是干擾在一長時間裡的空間或時間動態。
 - 包含的特徵有干擾的空間分布、干擾頻率、重複發生的期間、循環週期、以及干擾的大小、強度和嚴重性。

- 頻率(Frequency)：在每一段時間內事件發生的平均值或中位數(通常使用干擾的機率)。
- 強度(Intensity)：每段時間每個地區事件的天然力量，例如火災釋放的熱，或暴風雨的風速。
- 倖存者(Residuals)：干擾事件存活的有機體或繁殖體，又稱為生物遺產(biotic legacies)，嚴重性的量測工具，可以作為強度的指標。

- 重複發生的期間(Return interval)：干擾之間平均數或中位數的時間，頻率的相反(例如多久時間發生一次干擾)，變動也許是重要的，因為會影響可預測性。Mean or median time between disturbances; the inverse of frequency; variance may also be important, because this influences predictability.
- 循環週期(Rotation period)：Mean time needed to disturb an area equivalent to some study area, which must be explicitly defined

- 嚴重性(Severity)：干擾事件對有機體、群叢或生態系的影響效果；與強度密切相關，因為愈強烈的干擾通常是越嚴重的。
- 大小(Size)：被干擾的範圍，能夠被陳述為每次事件的平均範圍，每段時間間隔的範圍、或某些研究區域每段時間間隔的百分比。

地景對干擾格局的影響

- 地景位置(landscape position)指的是一個地點或一群地點在地形上的位置，包含了相對海拔高、地形、坡度、和坡向。
- 地景中各式各樣的空間位置對干擾有不同的敏感性嗎？倘若如此，我們是否能夠預測哪個地區對某特定類型的干擾是特別敏感或特別不敏感？
- 在特定地景位置的地點對干擾的敏感性，可以利用比較在一地景中很多地方發生特定干擾的機率或頻率來做評價。

- 當干擾有一個明顯的方向性(例如颶風軌跡)，如此則有些位置通常較其他位置亦受攻擊。
- 地景位置可能會影響敏感性，假如干擾是屬於中性強度，這樣它的擴展範圍是受地景微細的差異所影響。
- 倘若干擾自身並無空間上的方向性(例如downbursts)，或是足夠地強烈，則它的擴展範圍是不受地景差異的影響(例如燒得很嚴重的林冠火)，那時地景位置則不影響干擾的敏感性。

干擾對地景格局的影響

- 了解地景異質性如何影響干擾的空間擴展範圍，已經是地景生態研究的一個焦點。
- 從理論和實證的研究暗示我們無法歸納出是否地景格局總是增強或減弱干擾擴展，但是它對干擾擴展範圍的潛在影響可能是存在的。

- 假如干擾在一個相同地覆型(cover type)的範圍內擴展，那麼較大的空間異質性可能會減弱干擾的擴展範圍。
- 倘若干擾在地覆型之間擴展，則較大的空間異質性應該會增強干擾的擴展。
- 然而，也可能是環境條件的門檻超越了地景格局，則將無法影響干擾的擴展。

- 干擾是在地景製造格局的一個重要起因。
- 干擾在地景各處創造很多複雜的異質格局，因為干擾能夠影響某些地區，而其他的不行，且干擾的嚴重性在影響地區通常是相當地多樣化的。
- 當我們考量地景動態時，干擾和演替具有無法避開的聯繫。

- 徹底地了解演替必須包含了解演替過程變化如何與干擾的強度、大小、頻率有關。
- 當倖存者(residuals)是稀少的或幾乎沒有的，而干擾是大的時，干擾的空間影響效果(干擾大小、形狀和排列)變得越來越重要；在這樣的情況之下，聚落形成(群集現象)(colonization)，因此演替變得較慢或較難去預測。

- 結合干擾和演替的模式能顯露出那些無法輕易實際地觀察到之地景的傾向和動態，這樣的模式對於寬尺度干擾或全球變遷的技巧問題是特別有用的。

- 因為干擾可能是地景構造(structure)的一個強烈來源，干擾機制有意或無意的轉換可能會戲劇性地改變地景。
- 時間落遲：地景格局的反應大體上落後於干擾機制的改變。

＊地景平衡的觀念＊

- 在生態系裡「平衡」的想法，已經有一長時間的爭論。
- 關於平衡與非平衡、穩定與不穩定的爭論，歸因於幾個因素：含糊不清的各種定義、對空間異質性與其影響的不同觀點、缺乏尺度的詳細描述、以及理論基礎的差異。

- Pickett等人1994年認為平衡的生態系有六個原則：(1)本質上是封閉的(2)能自我調節的(3)具有穩定點或穩定的均衡循環(4)有決定性的動態(5)本質上無干擾(6)不受人為影響所支配。
- 在非平衡典範中，生態系被認為是開放的、受內在和外在因素調節、缺乏一個穩定點平衡、非決定性的、加上干擾、且承認人為影響。

- 地景能夠顯現在不同干擾機制下的種種反應，而相同的地景可以在不同反應區之中轉換。
- 在傳統上被視為平衡狀態的地景
 - 小型且稀少的干擾且能快速回復。
- 穩定系統
 - 具有中間程度的干擾頻率、大小、和復原速度。
- 潛在的不穩定系統
 - 大且頻繁的干擾而復原緩慢。

- 在這些地景中，一個系統轉換成另一個不同性質的系統是可能的。
- 關於地景平衡的結論只適用於具體指明的空間或時間尺度。錯誤的認定，可能會導致對相同動態產生不同的解釋。

~THE END~

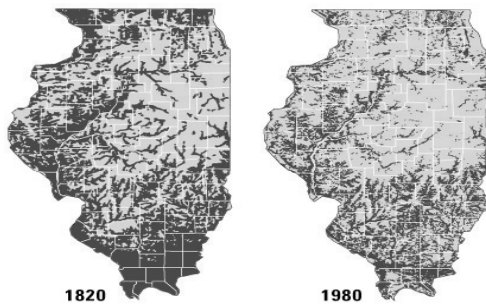
LANDSCAPE ECOLOGY IN THEORY AND PRACTICE

CHAPTER:8 ORGANISMS AND LANDSCAPE PATTERN

報告者:黃俊凱

前言

- 空間分布研究在地景層級上有重要成長影響,在分布與在生生物體,環境問題被要求解答,如棲息地破碎化,面積減少,隔離,族群組成,生態系統考慮,動物影響的空間異質性等等



- 隨時間規則變化,考慮族群,基因,同功群等因子
- 現實世界環境配置受因子影響造成生理,外部行為,呈現在許多空間與時間尺度上

- 強調與過去傳統學科不同
 - 如格局如何影響結果
 - 再次生成區塊的內在影響等等
 - 地景格局強調
- 1.棲息地邊界 2.空間配置與結構

CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF ORGANISM-SPACE INTERACTIONS

$$\frac{\partial N}{\partial T} = f(N) + D\nabla^2 N$$

1. 1950/1960

ISLAND BIOGEOGRAPHY

$$I = d(P - R)^k$$

島嶼大小與有負相關得距離

$$E = nS^m$$

族群滅絕有關

- 距離效應(distance effect) :
 ➔ 種遷入率隨其與種遷入源的距離而降。
- 面積效應(area effect) :
 ➔ 島嶼面積越小，種群則越小，由隨機因素引起的物種滅絕率將會增加。

- 生態學家注意到物種豐富度隨島嶼面積或陸域群落取樣面積呈單調增加的趨勢。
- Preston(1962)提出下列著名的種--面積方程式：

$$S = cA^z$$

$$\log S = z \log A + \log c$$

S=種豐富度，A=面積，c,z=正常數

z：理論值0.263，位於0.18~0.35間

c：反應地理位置變化對種豐富度的影響

METAPOPULATION BIOLOGY

$$\frac{dP}{dt} = cp(1-p) - mp$$

3.2.3 複合種群模型

- 就空間特徵而言，複合種群的模型可分為三類：

➔ 1. 空間隱式模型

最早即為Levins模型

$$dp/dt = cp(1-p) - ep$$

P=種群佔具生育地嵌塊的比率

c,e=相關物種之定居or滅絕係數

2. 空間顯式模型

3. 空間半顯式模型

$$S' = 1 = p' = \frac{m}{c}$$

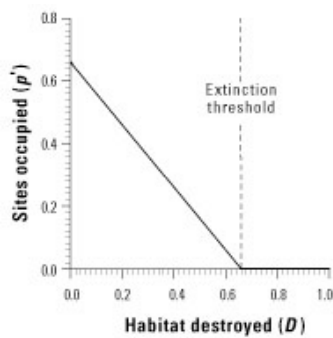
可以預測多大的族群數量會變成空白

$$\frac{dp}{dt} = cp(1 - D - p) - mp$$

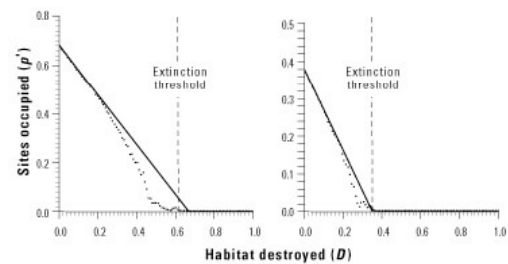
加入D:被破壞比例大小

$$p' = 1 - D - \frac{m}{c}$$

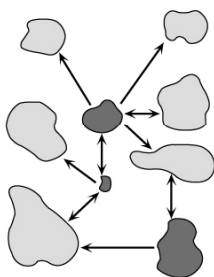
C,M爲已知就可算出滅絕機率的門檻值



METAPOPULATIONS



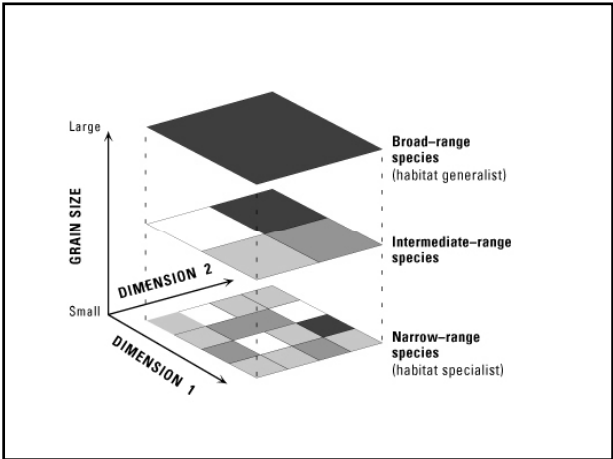
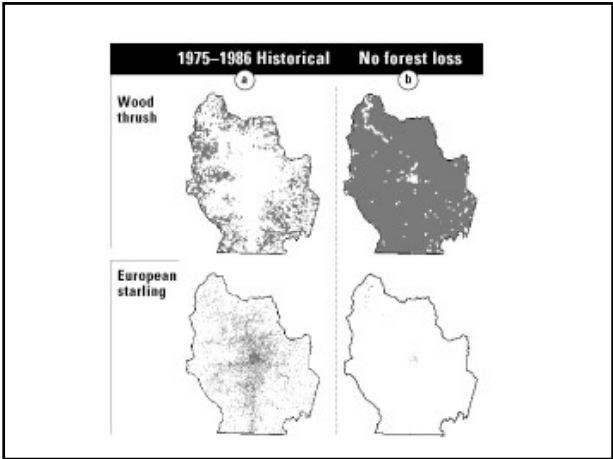
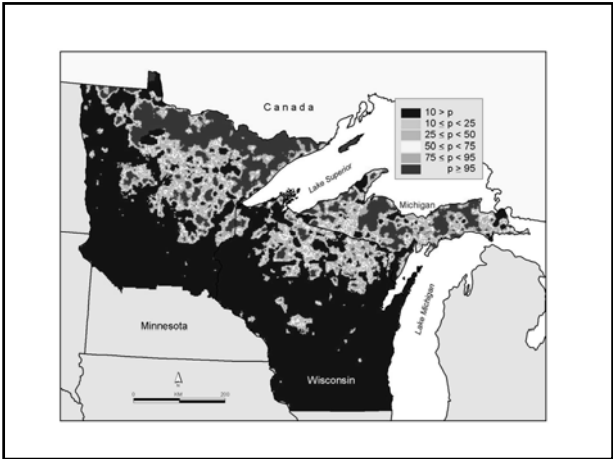
A SPECIAL CASE



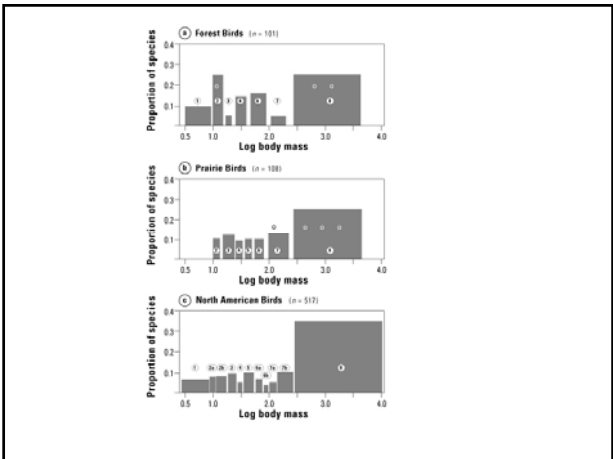
- 1.每個嵌塊有相同特性
- 2.每個嵌塊出生死亡率相同
- 3.每個嵌塊有相同反應與唯一的數學統計數值

定義適合的棲息地

- 舉一個狼的棲息地以外差法推測



- Patch size affects densities of small animal; larger animals
- Patch size affects persistence rates
- Plant successional changes affect densities of resident small animals



- 生物體影響空間格局
- 焦點放在
嵌塊大小,異質性,族群交錯,邊界形狀,棲息地
相關性,規則的廊道,地景的發展背景歷程

嵌塊大小,異質性

- 並非較大嵌塊含有較多數量與數種
- 影響因素有
微氣候,不同變數的植物結構,不同地點地形的
生物奇異度

族群交錯,邊界形狀

- 圓形有較小的邊界
- 某些族群在邊界與其他族群息息相關

棲息地相關性

- 門檻值再次被提出受各種不同環境影響
動物有遷移率

What is the role of corridors?

1. 族群交流導致地景呈現增加更多物種
2. 連結破碎的嵌塊族群
3. 目前重點在於嵌塊對地景的影響
4. 對於嵌塊的再生或存活影響較不大,對於
物種遷移影響較大

When is spatial pattern important?

1. 棲地破碎化
2. 邊緣效應影響過程
3. 傳播受複合種群和嵌塊時有很重要影響

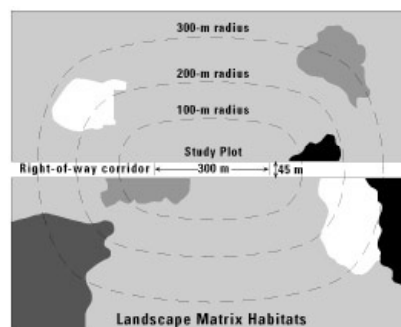
Spatially explicit population models

利用嵌塊出生或死亡以及破碎化等空間
描述族群模式表現地景情況

summary

地景嵌塊的生存與復原以及散佈跟互動是地景生態研究所在, 目前島嶼生態與複合種群了解嵌塊大小與距離有密切關係外, 未來島嶼生態與複合種群有待更加強努力研究

地景的發展背景歷程



報告完畢謝謝!

CH.9 Ecosystem Processes In The Landscape

地景中的生態過程

1.前言

- Tansley (1935) 是第一個提出『Ecosystem』觀念的人，並對地球上所有的有機體與無生命的環境以一個明確的邊界來定義，生態系中生態的問題聚焦於能流與物流在有機體與環境中的流動

- 地景學家研究有關生態系的過程的問題，強調的是空間異質性在生態系過程中發生的過程、結果以及其速率
- 地景生態學提供了一個思考模式，來將族群與生態過程相互連接起來

2.生態過程中的空間異質性

- 許多的因子皆會在生態過程中產生空間上的變異，舉例來說，溫度的梯度變化、降雨的格局、與地形的變異在地景中造成不同的生產、分解、或氮循環速率的差異，土壤和地形對生態過程發揮了很大的影響力

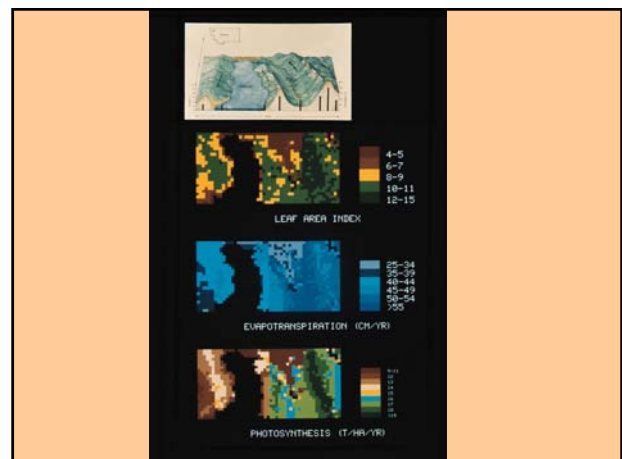
- A.生物量、生產力、與碳量的分布格局
- 近來隨著航遙測技術的發展，生態學家可以在時間與空間尺度上獲得一個巨觀的視野，來推論淨初生產力

- 生態學家在1980年代利用遙測技術對植生與初淨生產力的時空格局有了一個新的觀點，由非常高等級解析度輻射衛星 (Advance very high resolution radiometer satellite, AVHRR satellite) 所獲得的資料，提供每日的全球1.1平方公里空間解析度的影像資料，在非洲、北美、和全球上應用於製作植生圖

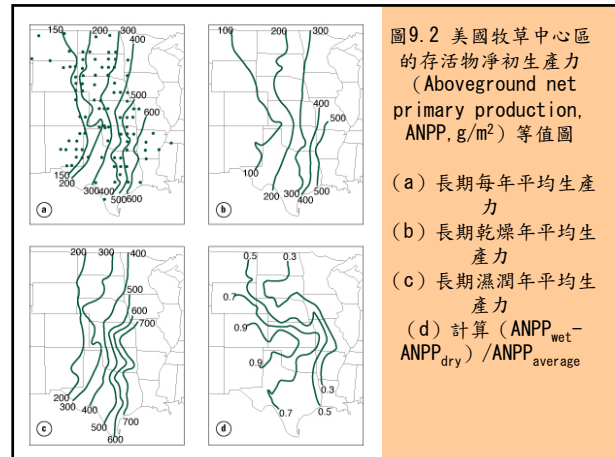
- 這些植生圖依據小範圍的植生指數標準差 (Normalized difference vegetation index, NDVI)，植生指數標準差是由近紅外光 (Near-infrared, NIR, 0.725 to 1.1) 與紅外光 (RED, 0.58 to 0.68) 之差值的比例求得， $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ ，NDVI直接和植物的光合作用率相關，對植物的生長與健康提供了一個間接性的量測

- NDVI藉由提供全球到區域尺度的土地表面因子測定，像是葉面積指數 (Leaf area index, LAI)、反照率 (albedo)、可光合活性輻射比例 (Fraction of absorbed photosynthetically active radiation) 成為量測大氣循環模式的一項重要技術。

- FOREST-BGC生態模式被用於1200個網格中，用來代表地景並預測每一個空間格局的年蒸散量和初光合作用，葉面積指數、年蒸散量、與光合作用的計算結果如圖1所示
- 這樣一個整合型模式能夠清楚的表現在預測生態過程在空間的變異，並且提供一個方法來觀察生態過程中的交互作用。



- Sala et al. (1988) 在年降雨量區域性空間變異對生產從東部到西部的梯度變化的研究，證實了水分對地表生產力具有一定的控制能力，地表生產力在較乾燥的西部區域具有較低的值，而在較濕潤的東部地區則有較高的值，但是這樣的結果會在不同時間上產生不同的格局變化，像是東部正經歷乾旱期而西部正遇到濕潤期的時候（圖2）



- Sala et al. (1988) 從實證的資料觀察，一個模式必須要有大量的變異與資料在相同生態過程中的空間格局，經過尺度的分析來讓模式修正的更好，由一個粗的尺度研究開始，強迫讓格局存在一個更佳尺度下，並以同樣的評估因子用更細緻或適宜的尺度來進行計算。

- 地形的不同在物質的累積上，反應在粗尺度因子，溫度與土壤質地
- 當非生物因子對初淨生產力在空間的格局與生產速率產生非常有力的影響時，同樣的也會受到土地利用與干擾的影響

- 淨初生產力在全球與地區格局的碳循環動態，在時間與空間的變異方面，有著重要的暗示，在廢棄農田中所形成的次生林可能成為全球碳循環中重要的陸域碳匯之一
- 舉例來說，野火釋放了二氧化碳、一氧化氮、與其他微粒子到大氣中。

- B.地景的生物地理化學反應
- 氮是一種非常有用的生態系功能指標，有幾點原因，在大部分溫帶的生態系中，氮通常限制了初生產力，而且存在土壤水與溪流中的硝酸鹽含量，也可以成為一種導致氮被過濾的干擾指標，。

- 干擾在生物地理化學循環中具有持續性的影響，但是對於地景嵌塊體中干擾演替對養分循環的長期影響，所知卻是相當有限

干擾會導致短期的植物攝取的氮含量衰退，氮會增加土壤微生物的硝化作用，因此加強硝酸鹽的生產。

- C.養分動態與能量流的空間模式

- 近代注重在地景動態與生態過程，強調發展能量流與養分循環等空間模式

- FOREST-BGC模式將火災的干擾與納入考量，並與BGC的森林孔隙模式結合進行演替的模擬 (FIRE-BGC, Keane et al., 1996a, b)
- FOREST-BGC空間模式以一個粗尺度的標準化模式用於預測全球尺度的光合作用率、呼吸作用率、蒸發散量、分解率、與氮礦化量，這種簡單標準的生態模式通常具有較粗的時間與空間尺度，也提供了在尺度研究上的一個有力的題材

- D.綜論

- 實證與模式在生態系過程中空間異質性的研究中，有幾點重要的說明

- 第一，非生物因子像是溫度、雨量、土壤、和地形位置等在空間產生的變異常會造成生態過程產生大量的變異，因此由生態學家長時間的觀察研究，可以確認非生物因子對於生態系的功能與格局具有很強的約束力

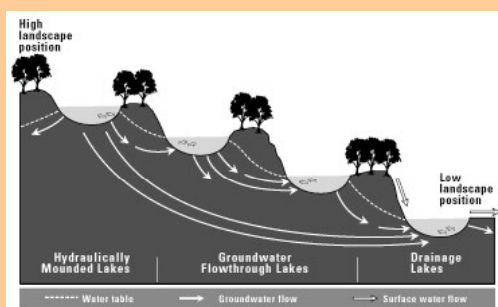
- 第二，非生物因子具有多尺度的特性，生態學家直到現在仍然持續的在研究有關尺度推繹的問題，認為這些因子的層級有助於了解它們是如何產生變異的

- 第三，了解這些生態過程在地景嵌塊體中的動態變化成為傳統生態學與地景生態學的一個新的領域，在生態系功能的空間問題上似乎還沒有一個良好完整的發展，也缺乏一些具有價值的實證研究來推論一個一般性的結論，這也是需要繼續努力的地方。

3. 湖泊生態系統在地景中位置的影響

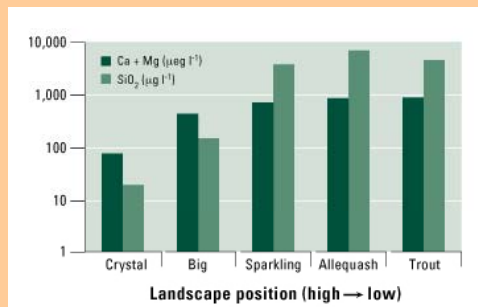
- 水域生態系中也有需多的空間變異
- 近年來，湖泊生態學家也開始以地景的尺度來了解湖泊的空間問題；地景物質在湖泊中的空間排列在什麼地方以及在什麼時間如何影響地景功能…

- 相鄰的湖泊間往往展現了相當大的差異，許多的因子對於像是湖泊深度與大小、養分動態或養分動態的內部過程、或週遭地景環境的影響效力等屬性造成影響，湖泊的地景位置以點到面的流動系統和在地景中相鄰湖泊的空間排列等水文位置來加以描述（圖3）



地景位置的觀念應用在湖泊水分流動方面示意圖

- 降雨是一項影響湖泊水源的重要因子，同樣在較高與較低位置的湖泊中性質也不同，通常在較高位置的湖泊從降雨中獲得的水量會比從地表水中獲得的多，由於地表水流經土壤與沉積物，造成地表水通常含有較多的離子，因此地景位置同樣也影響了湖泊中離子的組成（圖4）。



地景位置與Ca+Mg、二氧化矽合成量的變化，研究地區在美國威斯康辛州北部的北部溫帶長期生態研究區中的五個相同地下水系統的清水湖，從左到右為地景從高到低

- 地景在有關湖泊的研究發展，應該建立在以地景位置為主軸的研究下，這個發展在如何將湖泊生態系加入地景基質中，由於湖泊與另一個湖泊間以及與陸域生態間具有一定的影響，因此還具有一些問題有待解決

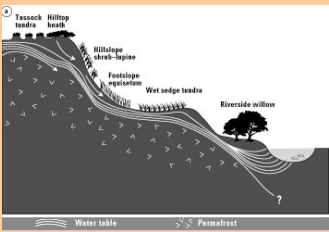
4. 土地與水分的交互作用

- Hyens (1975) 為現代溪流生態系統的分類之父，曾說過：「在任何時候我們對於溪流的思考都不能將溪流獨立於溪谷之外，如果只考慮溪流而不考慮整個溪谷，那麼整個的研究將會失去它的真實性」

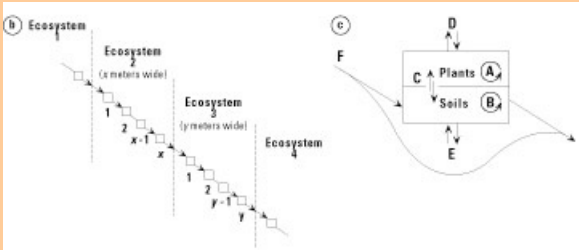
- 區域性土地利用的改變可能會對於地景中許多的湖泊造成廣大的優氧化 (eutrophication) 分布，優氧化作用使得湖泊會變的更相似，因為它會受到可以忍受這樣環境的物種獨大，因此當所有的湖泊都受到優氧化作用的影響時，地景中湖泊類型的歧異度將會降低，而其中含有的物種也會趨向於類似。

- 在研究土地與水分的交互作用中最常被考慮到的營養物質是氮與磷，對氮的超量進入水域生態中的經濟性與健康的觀念在世界中滋長

- 在河流中，氮的生物地理化學作用對地景格局、河濱帶的結構與河流的流動機制是很敏感的
- 磷在河流與湖泊生態系統中的超量累積作用，導致像優氧化作用的發生



(a) Shaver et al. (1991) 在美國阿拉斯加州北部的 Sagavanirktok 河流溪谷進行有關地形序列 (Toposequence) 的研究，有六種生態類型沿著上游河谷一直到下游沖積台地分布，整個的地形序列在永久凍土層 (Permafrost) 與地下水層方面順著坡度向下產生變化表現，整個研究區垂直高差約10公尺，水平分布在100到200公尺



(c) 表示嵌塊間與內的物質循環過程，在每一個網格中在植物與土壤間具有再生循環的內部機制 (A和B)，C代表AB間透過植物攝取或分解作用來進行交換，D代表與大氣中元素的交換過程像是固氮或去氮作用，E代表土壤母質透過像風化等作用的養分交換，F代表土壤水分言者地形的養分運輸情形

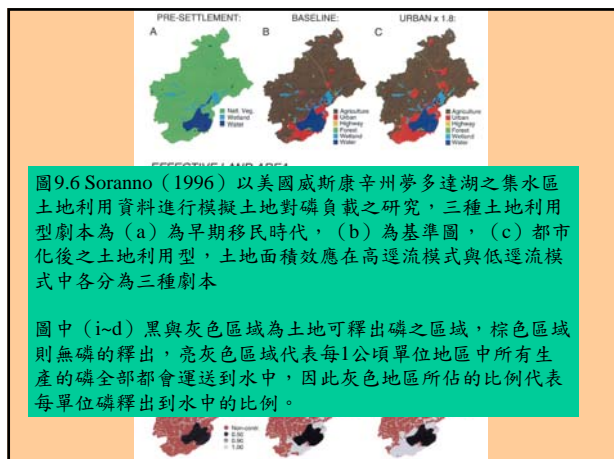
- 在美國密西根州薩及諾河的集水區中，研究有關62個流域季節性的溪流水分化學與地景特徵間的關係，結果證實了地景特徵中一個有力的影響，而且在不同的季節間對於一些特殊的變數具有不同的解釋能力 (表9.1)

表 9.1- 以所有地景因子計算溪流與水域化學的變異程度，這些因子分為土地利用、土壤地質與結構、以及土地利用+土壤地質與結構 (作為一些無法解釋的變異量的綜合評估) ¹⁾

變量 ¹⁾	夏季 ²⁾	秋季 ³⁾
土地利用 ⁴⁾	20 ⁵⁾	7 ⁶⁾
土壤地質與結構 ⁷⁾	15 ⁸⁾	17 ⁹⁾
土地利用+土壤地質與結構 ¹⁰⁾	22 ¹¹⁾	16 ¹²⁾
總變異解釋 ¹³⁾	56 ¹⁴⁾	39 ¹⁵⁾

資料來源：Johnson et al. (1997) ¹⁾

- Soranno et al. (1996) 發展一個以地理資訊系統為基礎的磷負載 (phosphorus loading) 模式，用於計算在不同土地利用型間磷輸出係數變異 (圖9.6)



集水區中只有部分的地區會提供磷到水中，在低降雨年約有17%的集水區區域而在高降雨年則有50%，而集水區本身也不會影響磷的負載力。

自從移民以來磷的負載量估計已經成長六倍左右，結果證實的河岸植生帶有效的緩和與降低磷的逕流。

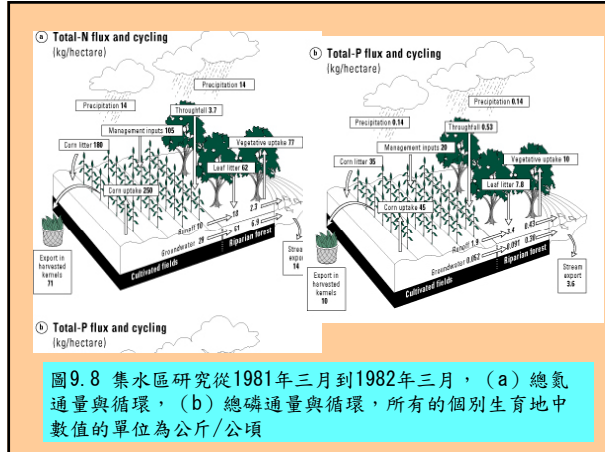
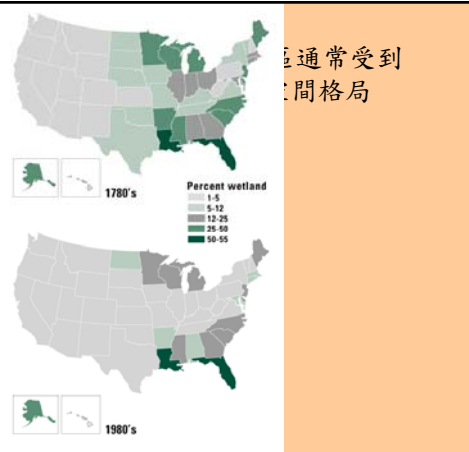
• A. 河岸緩衝原則

河岸植生區包括溼地與氾濫平原森林，是土地與水分交互作用間重要與明顯的調節者，淡水對於相鄰土地的變化是相當敏感的

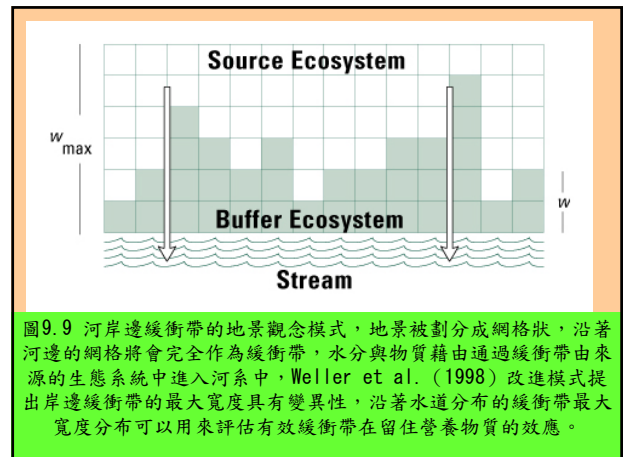
濱水區 (riparian buffers) 是指沿著溪流或相鄰在湖邊的未受干擾的植生帶，它會影響來自於陸地農業到都市的沉積物與養分運送到水域的過程

河岸植生與微生物社會可以吸收從農業地區中流出到地表水與地下水中的大量水分、養分與沉積物，通常會大量降低養分與水域生態系的交換，而植生在地表所造成的崎嶇表面也會捕捉到一些微粒子

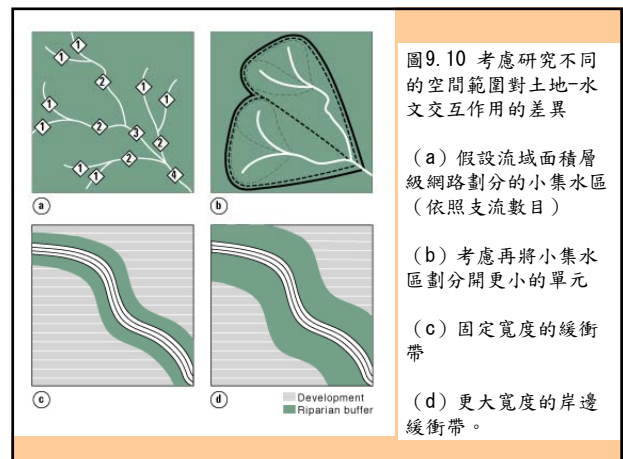
• 溼地農業 (圖9.8)



- Osborne與Kovacic (1993) 研究河濱森林帶在維持相鄰的農業地區間養分移動的效應問題，結果證明氮的逕流回經由森林與草地的河濱植物帶而將低約90%，其中森林保留較多的氮，而草地則保留較多的磷



- B.地景格局的空間尺度對水質的影響
- 不同的資源調查者對於像是有關空間範圍或會影響水質的地景格局距離水體的距離等問題會有不同的想法（圖9.10），



- 研究特別的土地利用型空間位置的效應或者集水區範圍的認定並不存在有一般相同的看法，因此由於這些不同變數（像是濃度、負載力或養分種類）的選擇性、集水區空間範圍的認定與測量的時間尺度（像是月、季或年）等，使得在比較這些研究變得更複雜，這些問題給生態學家留下一個極重要的問題，要比現在更了解土地與水分間的交互作用以及尺度的問題。

• C.土地與水源的互惠交換

- 許多對於水分—土地交互作用的研究，大多聚焦在物質從陸域生態系移動到水域生態的過程，以及陸域生態系的地景組成對水域品質的影響等方面，然而最近有些研究指出與定義，水域物質移動到陸域生態系過程與效應的重要性



圖9.11 溪流中的養分移動到魚、老鷹、與熊，最後養分被儲存在高山或者被吸收成為陸域生物量。

• D.綜論

- 在湖泊、溪流、或河流等周圍的地景組成會影響水質，地景中的元素可以作為一種來源、匯集處、或像是對養分、沉積物、或污染的轉運站，土地覆蓋的類型對於生態系功能有很大的影響

- 一個地區的地形則會影響地景中物質運送到水中的傳輸速率，當集水區處於一個陡峻地形與具有高沖蝕性土壤的環境中，養分與沉積物的通量或釋出到水中的量則會增加

- 在農業與城市地景中，位在河濱的植物或溼地或森林，可以降低非點污染（nonpoint pollution）與保持水質的良好

5.將物種與生態系連結起來

- 要了解整個生態系結構的動態時，一定要考慮到物種與生態過程間的交互關係
- 地景生態學可以提供大量的方法與概念性的架構，來解決傳統生態系生態與族群的障礙以及發展進一步的原則

- 物種與生態系間的連結性出自自然，但是在族群生態學與生態系生態學中卻常常將此連結打斷

- DeAngelis et al. (1998) 在沼澤地發展一個評估水文的改變對物種的影響的空間模式 (Across Trophic Level System Simulation, ATLSS) (圖9.12)
- ATLSS包括有四種層級，整合族群、生態系、與地景動態等尺度與觀念，焦點放在物種層級的族群模式，是基於個體的模式，對於每一個個體的性態值進行調查，這些性態值包括年齡、大小、位置、性別、健康、地位等

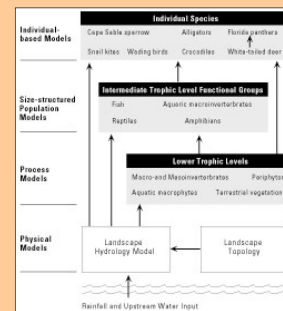


圖9.12 Across Trophic Level System Simulation (ATLSS) 的概念性模式用來模擬北佛羅里達州的生態系的營養層級結構與過程，其中分有四個等級，決定於物理作用、高營養等級、中營養等級、或低營養等級，在較高的營養等級對較低營養等級的回饋作用再此模式中亦有被考慮。

- ATLSS模式以地景的空間觀點來模擬個體直接對生態系所造成的影響，此模式所產的資訊可以提供經營者作為決策的考量，例如在集水區經營中針對數個不同準則對指標物種的等級進行評估

- DeAngelis et al. (1998) 也以沼澤地復育與模式的建立標示兩個極重要的理論問題

- (1) 需要以物種個體的生理與行為條件與族群生態學結合或至少做到連結
- (2) 將族群生態學與地景生態學結合。

6. 尋找一般性原則

- 模式的研究可以說明環境中空間變異發生的生態過程與控制機制，提供一種情報來理解像是水域生態系中如何決定地景格局的工具
- 調查者需要不斷的試驗新的調查方法來獲得空間上動態的資料，維持模式的合理性。

7.總結

- 研究地景嵌塊體的動態與生態過程，成為生態系與地景生態學的一個分界，似乎還沒有一個良好的空間模式與理論來描述生態系功能與結構，也沒有一個經驗上的研究可以下一好的結論，但地景生態學可以提供一個保證，可以將物種與生態過程間的影響互相連結起來。

空間生態報告

CHAPTER10

APPLIED LANDSCAPE ECOLOGY

報告者:黃俊凱

前言

- 地景快速發展在生態經營許多不同方面及意義有許多成就。
- 環境改變造成自然資源的變化,使自然資源經營者增加許多空間與全面地景組成相關考量。
- 在土地經營決策上,需要許多科學的地景和空間異質性作決定。

- 地景遷移變化造成,經營與應用超過原本基礎科學的需求增加。
- 應用地景生態整合許多層面學科包含在本書中

Land use

- 了解土地利用變遷,與生態功能變化地景生態扮演了重要角色。
- 透過過去與現在來看全球地覆演變趨勢,有規律的人類使用方式,比起過去1700-1850年,了解近年來人類使用面積增加率大幅提升。

- 土地使用變遷在水生生態系統連結,導致生物奇異度增加已獲得理解,但是相關地景格局很少發現變異。

- 此外集水區土地使用,空間配置指標,例如蔓延與支配地位上用於解釋統計模式擁有有利貢獻。

- 接下來章節介紹整合地景和土地使用計畫了解地景和人類的當前觀察,而不強調發展出土地計畫或地景的設計方法

Integrated landscape planning in the front rang of colorado

- 主要在說明植物與動物棲息地保護,特別是剩餘殘留下來的部分,製造空間以作為發展,為研究任務.

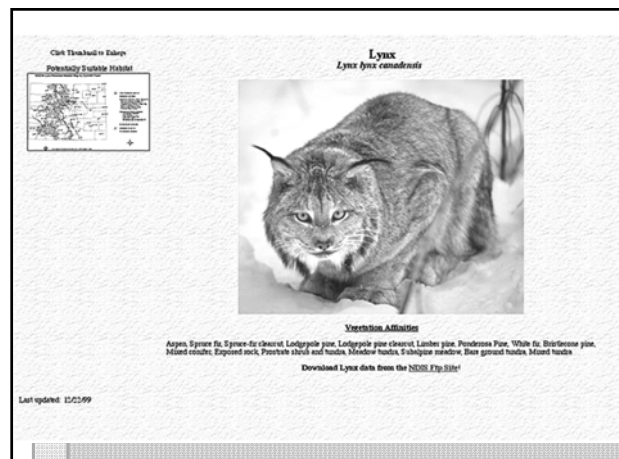
舉例rocky mountain

- 在1980-1990有超過21%的土地增加,是由於適合人居住造成,藉由人口統計學與經濟學指出將持續增加,其中人口將增加3%,將成為支配此地區發展,進而影響野生生物棲息地.

- 提出landscape scale與site scale
- 不同處在於鄉村都市做不同考量,都市破碎化建議顆粒小地方經營,較寬廣的經營適合鄉村經營,經可有效影響棲息地保護.



- 奇怪課本還介紹網頁打廣告



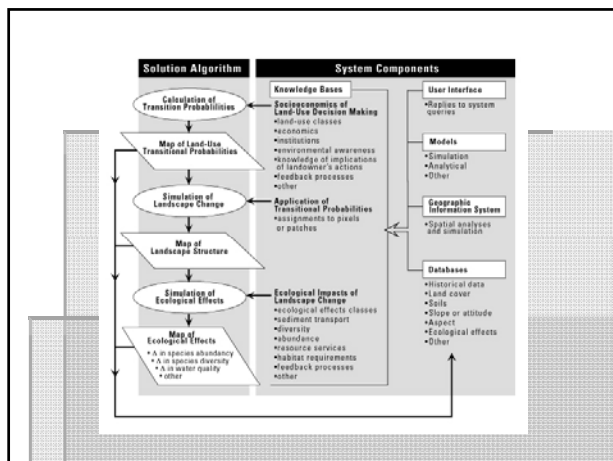
Land-use alternatives in the agricultural midwest,usa

- 以選擇三種未來假設情境模式設計25年地景潛能變化模擬在iowa農耕地上



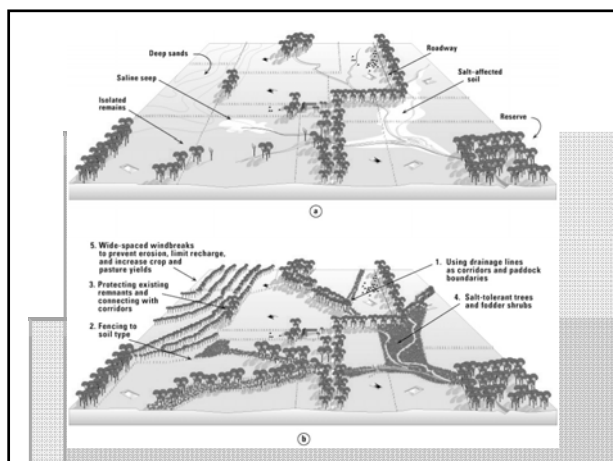
Forecasting land-use changes in southern appalachian landscape

- 空間模式預測土地使用,在長期影響格局發展的地景結構及起源方面,使人類遠離農作區,遷移往適合人類居住地方發展.



Landscape management in the Australian wheatbelt

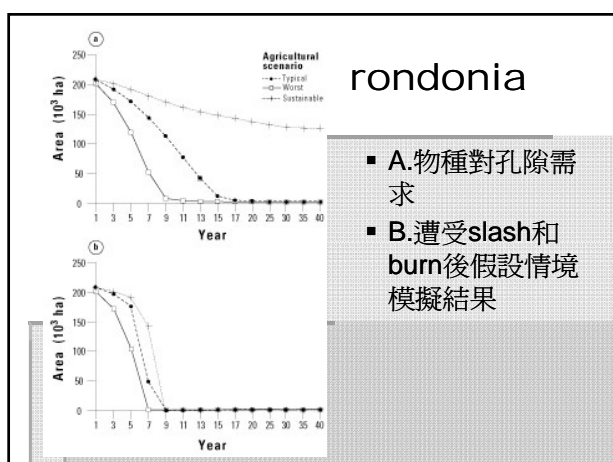
- 強調以不再是單一物種作考量而是聚焦於整個傘生物種作考量



Tropical slash-and-burn agriculture

熱帶地區低養分所以常常砍伐樹木與燒毀做為農耕地

造成超過100種物種需要棲息地影響,以及從未產生孔隙的熱帶雨林孔隙度下降等等重大影響。

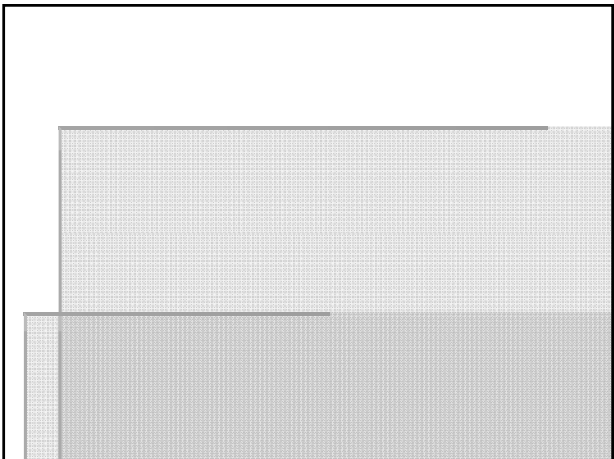
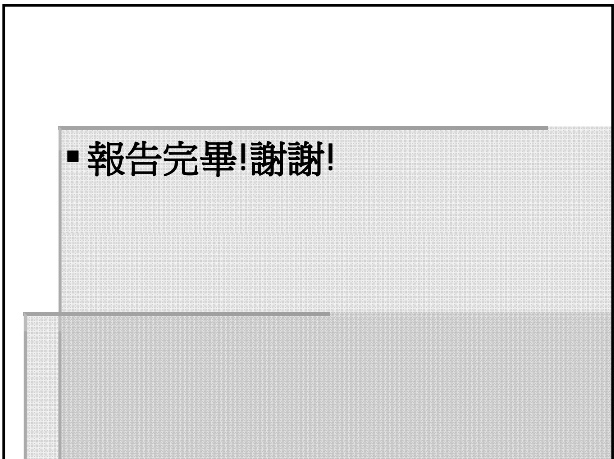
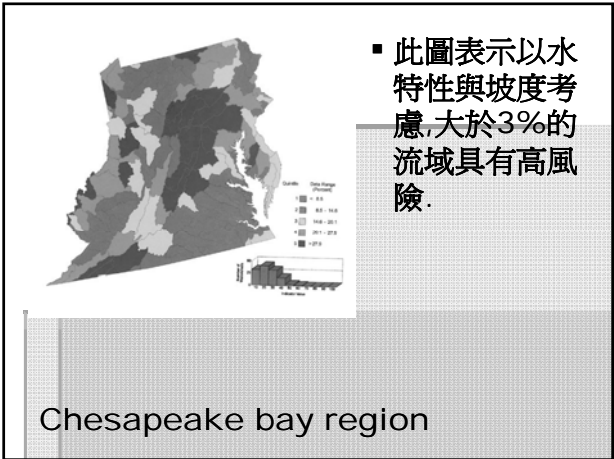
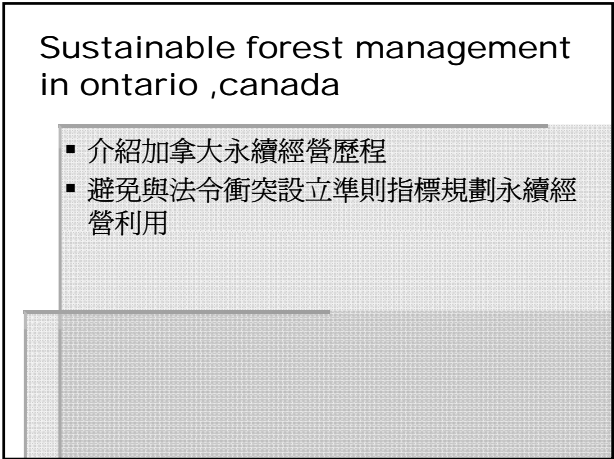
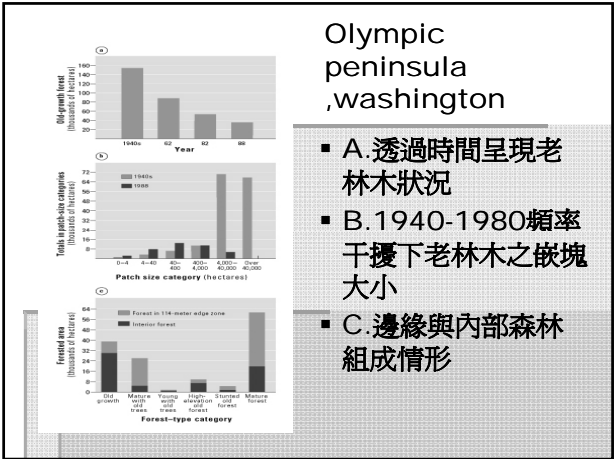


rondonia

- A. 物種對孔隙需求
- B. 遭受slash和burn後假設情境模擬結果

Forest management

- 焦點放在
 1. 地景層級中收穫與造成空間格局關係
 2. 決定如何減少老林木消失與棲息地破碎化的影響



空間生態報告

CHAPTER11 結論與未來方向

報告者:黃俊凱

- 人口指數曲線的成長，導致地球生態系戲劇性的改變
- 地景變遷加速
 - (1) 地球自然資源的變質
 - (2) 沒有受干擾的生態系破碎化，凡此有許多不同領域的科學家皆在研究這些大尺度的環境改變。

- 地景生態學是一個整合且整體的領域，是一個新的觀念、理論與方法，其注重空間的格局，格局與過程交互作用而造成生態系的動態狀況。

- 地景生態學是生態學內一個組織很好的次領域，是跨領域的研究與應用，本書強調
 1. 目前引起空間格局的生態原因
 2. 空間格局對生態過程的影響
 3. 在時間歷程裏格局與過程如何改變

- 本書雖然經營保育與設計方面有些討論，但主要卻在強調生態學的生態組成。描述出未來研究的方向。

- 在此提出直接提供地景生態學的發展。

- 首先，地景生態學清楚地指出空間異質性 (spatial heterogeneity) 是廣泛影響格局與過程。生態學家認為空間格局是影響生態反應的潛在因子，無論是研究個體生物、族群（種群）、群叢或整個生態系皆然；除此之外，尺度也會影響。由廣大空間範圍來了解生態格局與過程是必要的，地景生態學對所有的生態學發展是相當有貢獻的。

- 綜合出針對廣大尺度的生態動態，尤其強調生物歧異度。

- 於此，擴展此觀念去考量地景生態學廣泛的貢獻。如下所列

- (1) 當今地景複雜的格局，是導因於許多因素，如：非生物區塊的變異、生物交互作用、自然的干擾和人類居住、土地使用的現在與過去格局。
- (2) 在生態研究裏，沒有所謂正確的尺度，但在使用尺度需要非常小心，如均衡 (equilibrium)、物種的存在 (species persistent) 而是與尺度有關的。

- (3) 有許多模式可供描述地景格局，但只用一種模式來描述地景往往是不夠充足的。然而，目前尚沒有一種標準的方法來決定有多少或哪個模式應被納入。
- (4) 有機物是由空間格局所影響，但涉及到格局—過程的有機物，往往與尺度有關，需要由有機體為基礎的觀點來看。

- (5) 干擾 (disturbance) 創造且反應地景的異質性，然而，地景可能強制影響干擾範圍的移動。
- (6) 自然干擾對生物歧異度和生態功能有相當重要的影響。
- (7) 族群或同功群 (guild) 可能產生對生態系過程和格局重要的回饋。

- (8) 陸域或水域生態系的生態系功能會受地景所在位置的影響。
- (9) 地景元素為養分的源或匯，且由陸域生態系移動到水域生態系。
- (10) 人口數的影響（如造成土地使用的改變）可能是大尺度範圍生態動態的主要因子。

研究的方向

- 目前研究與土地經營的趨勢，顯示景觀生態的地景問題仍有許多進展的空間。

- 未來這一世紀，什麼是推估研究的遠景？雖然對未來研究方向做預測，總是有風險，但吾人仍努力地列出最有潛能、最具刺激的研究方向和地景生態學家的挑戰。

- 1. 空間異質性與生態過程
- 2. 有關生態系過程的地景
- 3. 門檻值、非線性和尺度的規則
- 4. 有機體與生態系在空間的回饋作用
- 5. 大尺度改變的原因與結果
- 6. 取樣

- 綜合言之，這些研究的方向將繼續，Wiens(1999)對地景生態學所提的四個地景生態學的主題。
- 空間變異(spatial variation)
- 尺度推譯(scaling)
- 邊界(boundaries)
- 流(flows)

- 我們期望地景生態學的研究將繼續完成，經由不同層級的研究成果來綜合了解，我們也希望生態系統空間外顯的觀點，將促進在生態系傳統邊界的整合。舉例說：若有機會去改善族群動態與生態系過程間的邊界。

■報告完畢!謝謝!



本章節包含以下內容：

- ◆ Summary 摘要
- ◆ What is Landscape Ecology? 何謂景觀生態學?
- ◆ Why Landscape Ecology Has Emerged as Distinct Area of study? 為什麼地景生態學成為一門學問?
- ◆ The Intellectual Roots of Landscape Ecology? 景觀生態學提倡者的根源
- ◆ Objectives of this book. 本書主旨



Summary 摘要

p.21/-4

*地景生態學強調的是空間格局和生態學過程間的相互影響，這樣相互影響的原因就是造成空間異質性尺度的類別。

地景生態學有2個重要的觀點-

- 1、地景生態學明確的認定生態學過程中空間配置的重要性。
- 2、地景生態學通常聚焦在空間性的範圍，這範圍通常比傳統生態學上的空間範圍大很多。

*近年來，地景成為適當的生態學研究議題，原因有三：

- (1)大尺度環境議題和土地管理問題。
- (2)生態方面新相關尺度概念的發展。
- (3)技術的進步。



p.1/1

*地景生態學提供新的概念、理論和方法，彰顯不同生態系中空間格局互動的重要性。地景生態學達成生態和土地管理的最前線並且仍然迅速擴展中。近十年關於地景生態學方面延伸了很多研究。

p.1/9

*大多數的我們對於地景是有直覺的；我們認為地景是廣闊的土地、水域，區別農業和都市，低地和山區，自然和被開發的地景。我們任何人都能列出這些地景的結構，例如：農場、原野、森林、湖等等。但是，如果我們細想除了人之外的生物體是如何看地景的，地景的結構會更寬廣許多，例如蜜蜂、甲蟲、田鼠或北美野牛。

p.2/in this chapter~

*在本章，我們對地景生態學下定義，並討論地景在生態學中研究的重要性，簡要地回顧地景的根源，並且提出書中其餘人的摘要論述。另外，表1.1整理出地景生態學上的常用用語。



p.3 表1.1 一些地景生態學上常用名詞的定義 (Forman,1995)

- Configuration** (結構)：空間元素的特殊排列方式，通常使用在空間結構或嵌合體的構造。
- Connectivity** (連結性)：棲地空間連結性或橫越地景的覆蓋型態。
- Corridor** (廊道)：雙方面不同於臨近的地區的一種特別的類型的相對狹窄的帶狀空間。
- Cover type** (覆蓋型態)：一種分類，用來區分地景不同的棲地、生態系統、植被型態。
- Edge** (邊緣)：生態系或覆蓋形式的一部份，塊區以外的部分。
- Fragmentation** (碎形)：棲地分散成不連續的部分。
- Heterogeneity** (異質性)：相異元素所組成的質量或狀態，如混合的棲地或覆蓋形式。
- Landscape** (地景)：一區域其在空間上至少有一因素是異質性的。
- Matrix** (基質)：地景覆蓋形式的背景，有個廣大的覆蓋和高度的連結性。
- Patch** (嵌塊)：一同質性的表面區域。
- Scale** (尺度)：一事件或過程的時間或空間尺寸，包含細度與幅度。



What is Landscape Ecology 何謂地景生態學

p.2/-9

*地景生態學強調空間格局和生態學過程之間的相互作用，即不同的尺度下空間異質性的原因和結果。德國生物地理學者Carl Troll (1939)引進地景生態學一詞，出自於歐洲傳統的地區地理學和植被學。地景生態學實質上結合了地理學者的空間方法和生態學者的機能性方法。

p.2/Landscape ecology.....

*過去二十年間，地景生態學的焦點集中在：

- (1)地景元素或生態系統中的空間關係，
- (2)能量流，礦物營養素，元素中的物種，
- (3)地景嵌合體的生態學動態。(Forman, 1983)

*地景生態學明確的注重空間格局。特別地，地景生態學考慮空間異質性的發展和動態，空間和時間的相互作用和橫跨不同地景間的交換，空間異質性對於生物和無生物間的影響過程，以及空間異質性的管理。(Risser et al., 1984)

*地景生態學是有動機的需要了解景觀現象中格局的發展和動態，生態系中干擾的角色、空間特性和生態學事件的時間尺度。(Urban et al., 1987)

*地景生態學強調寬廣的空間尺度和生態系統的空間格局中的生態影響



p.4

*地景生態學是有關於生態現象裡各種鑲嵌體中的空間結構影響。
(Wiens et al., 1993) 地景生態學是研究空間格局相互作用的生態學過程; 它促進空間關係的模型和理論的發展, 新型的數據彙集關於空間格局和動態及生態上空間尺度的調查。(Pickett and Cadenasso, 1995)

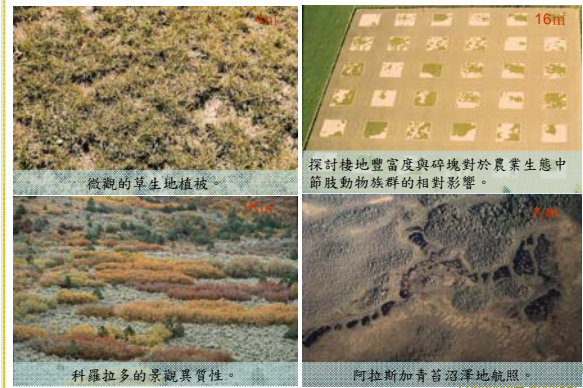
*這套定義清楚地強調二個重要方面: 地景生態學有別於傳統的生物學科。

(1)首先, 地景生態學明確地定義空間配置的重要性為生態學過程。地景生態學不但關心特定項目的多少, 而且也關心它的排列。地景生態學的假設是若嵌塊體的構成或排列不同, 則地景構造和地景嵌塊體皆會影響產生不同的生態系統(Wiens, 1995)。早先, 很多生態學的理解含著地假設為平均數或外推空間地同類的區域。

生態學研究經常試圖達到預測性的知識關於系統的一個特殊型式, 例如鹽沼或林份, 沒有考慮它的大小或位置在更寬廣的嵌合體中。地景生態學考慮這個方面, 並強調空間異質性, 其應用橫跨大尺度(圖1.1)。

Landscape Ecology

圖 1.1 地景空間鑲嵌體的各種空間尺度



Landscape Ecology

(2)其次, 地景生態學通常把焦點放在空間尺度上, 這裡所指的尺度通常大於傳統學習上人類觀察的空間尺度。(圖1.2)這樣, 地景生態學包含多種類的生態動態, 橫跨大區域, 例如南美洲的哥倫比亞, 多明尼加, 巴西。然而, 要注意, 空間尺度是不完全的。



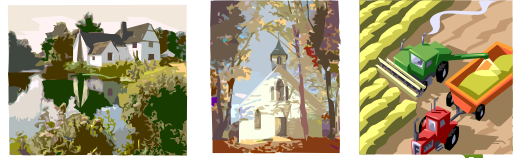
圖 1.2

Landscape Ecology

p.7/4

*地景生態學源自各種不同的學科, 其中有許多強調社會科學, 包括地理、景觀建築、區域計劃、經濟學、森林學和野生生物生態學。透過這本書, 以不同方式討論人類在形成及回應地景上所扮演的角色。

*地景生態學的科學知識在土地管理和土地利用規劃上是必要的。地景生態學的定義不認為人類的組成份是必要明確地包括在地景生態學的定義內, 因為人是同時能創造和反應空間異質性的其中一個因素。



Landscape Ecology

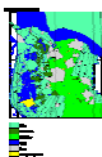
Why Landscape Ecology Has Emerged as Distinct Area of study?

為什麼地景生態學成為一門學問?

p.7/9

近年, 地景成為適當的生態學研究議題, 其主要原因有三:

- (1)大尺度環境議題和土地管理問題,
- (2)生態方面相關尺度概念的新發展,
- (3)技術的進步, 包括空間數據的普遍可及性, 操作這些數據的計算機和軟件, 並且迅速提升計算動力。



Landscape Ecology

(1)大尺度環境議題和土地管理問題

*應用的實例和資源管理的需要, 幫助催化地景生態學的發展和誕生。

例如: 如何經營大面積土地使用上原生動植物族群和氣候變遷的問題; 以及如何調節棲地的破碎和喪失; 和如何為人類計畫解決在體驗一個特殊自然干擾的區域; 與如何減少非點狀有害物質污染在水生生態系統上全部基本的理解和管理解答在地景尺度上。

Landscape Ecology

(2)生態方面新相關尺度概念的發展

*80年代，尺度的重要性(參見第2章)在生態方面變得廣泛，儘管過去有很長的時間努力於樣區大小的測量法和物種區域關係。概念上發展的架構注重於尺度。

*研究者開始發現，隨著不同尺度的研究樣區，其產生的生態問題也會不同。有些問題必須注重在生物單獨有機體上和生理反應對於環境變動。

*80年代出現尺度和層級的理论，強調應該注意集中於一個所關心的現象發生的尺度。它顯示出，適用於A地尺度的觀察結果，不一定適合B地尺度的觀察結果，因此，來自許多不同尺度結果的應用性到如此緊迫的寬規模的問題在生態學方面研究的詢問。尺度理論被規定來自於理解地景層級動態應該被從地景的直接研究中獲得。

Landscape Ecology

*小尺度的過程可被認為是解釋地景動態的機制。大尺度的格局可被視為是作為限制潛在範圍的過程。

*地景生態學認為生態學系統在空間排列是以地勢梯度、溫度、濕氣和土壤來反應。格外的格局則是干擾、生物相互作用和人類對於土地使用所造成的。空間佈局，影響許多生態學過程，例如有機體的運動樣式、干擾傳播和能量流學運動。

*地景生態學，注重空間格局和生態反應的格局，產生新的一套原理。

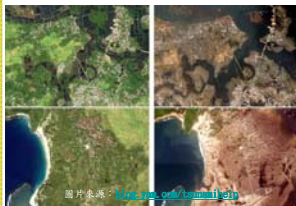


(3)技術的進步

•衛星圖像

•地理資訊系統(GIS)

實驗室和模擬試驗是假設在完美的尺度下，但往往假設的條件無法與現況相符合。地景生態學家需要在研究中合併數據找尋新來源，並且創造性地學習自然實驗。



圖片來源: www.nasa.com/images

Landscape Ecology

The Intellectual Roots of Landscape Ecology 地景生態學理論基礎

*Troll是創造「地景生態學」一詞的學者，原本是研究生物的，然後成為地理學家。

*Forma和Godron於1981提出嵌塊體、廊道、基質的名詞用語。

*Naveh專注於評論地中海型植被、火災生態、地景復育的生態學者，他強調人類與地景的相互關係，並陳述地景生態學的概念基礎。

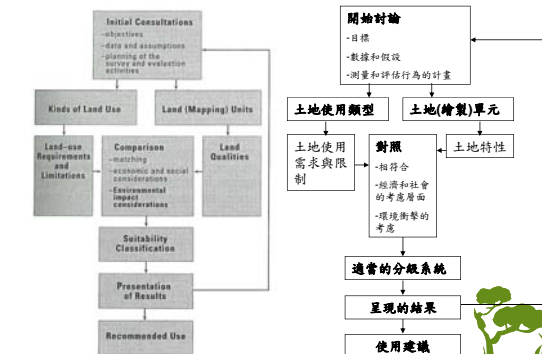


圖1.3荷蘭地景生態層級和製圖方法的發展。通常使用在土地利用建議發展。

Landscape Ecology

p.12/3 植物社會學和生物地理群落學

*歐美植物社會學者長期研究植物社會分布，發現植被格局會受到地形坡度的濕度、溫度、土壤和曝曬所影響。因此，在大尺度下了解，各區域格局中生態學系統與空間裡環境因素的相互作用，而形成不同的形式。

*梯度分析，方法相似與歐洲植物社會學方法，在美國發展作為解釋植被格局的方法；Robert對於群落分析在Great Smoky Mountains提供一個優秀例子。



是否為島嶼生態學
(Island ecology)

99

*從關於空間格局理論研究的簡要的中，可得2個重要結論：

- (1)格局是一種重要生態學現象，這種格局的瓦解也許導致有害物質的爆發和後來族群滅絕的事件；
- (2)空間格局導致複雜的相互作用在無生物的限制、生物間相互作用和干擾。格局不單是生態學系統中來自地形和土壤的限制；並且，形成一個重要核心在地景生態學的理解格局和過程之間。



最近理論發展

*碎形幾何學(Fractal geometry)

早期應用於地景生態學，以不規則碎片的尺寸做為人類干擾地景格局的指標，其它也可應用在昆蟲的遷移、地景質地的測量、...、地景格局的描繪及地景的設計等等。

*滲透理論(Percolation theory)

處理地景的大小、形狀和棲地連結的問題，探討棲地型式在地景所佔百分比產生的作用。...在地景的自然連結度方面可提供重要的觀察。

*自我組成的臨界條件(self-organized criticality)

例子如雪崩、地震、和強磁性的系統。最近被應用於生態系統如雨林頂部的缺口、洪水、同時進展的多節肢種類族群等。其結果的重要在於可以利用power-law的統計，由小至中火來評估大火的风险。



報告結束

謝謝聆聽

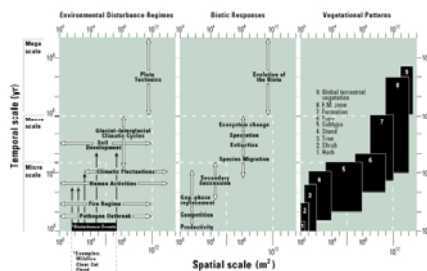


第二章：尺度的重要觀念

主要內容

- 尺度的相關術語與實際應用
- 關於尺度的問題
- 尺度的概念以及層級理論
- 辨識出合適的尺度
- 尺度上推

- Delcourt等人(1983)的文章探討植被動態變化在空間和時間的尺度，綜合了地景古生態學的改變並且圖解空間和時間尺度的相互關係



Delcourt等人(1983)提出的時-空等級圖表，將環境對制度、生物反應、和植被的擾亂以時-空範圍的脈絡來描述，圖中每一過程或格局的尺度反應出取樣的間隔需要被觀察，而植被格局的尺度就是時間的間隔，需要加以紀錄它們的動態變化。

尺度的相關術語與實際應用

- Absolute scale: 絕對尺度
實際的距離、方向、形狀和幾何。
- Extent: 幅度
研究區域的大小，或研究所考慮期間的大小。
- Extrapolate: 推估
從已知的價值標準來推論；由所討論的條件來預測一個價值；改變一個資訊，經由(1)一個尺度到另一個尺度(粒度大小或幅度)或(2)同一尺度下，由一個系統(或數據)到另一個系統。
- Grain: 粒度
空間分析的最小可能等級。

尺度的相關術語與實際應用

- Hierarchy: 等級理論
相互連結或組織的系統，在系統中，較高層(level)者約束並控制較低層者成為各種的等級(degree)。
- Relative scale: 相對尺度
絕對尺度轉變至描述相對距離、方向、幾何的尺度，根據一些機能上的關連。
- Scale: 尺度
一個事物或過程在關於時間或溫度方面的向度，多以粒度及幅度來表示。

尺度的相關術語與實際應用

- Hierarchy: 等級理論
相互連結或組織的系統，在系統中，較高層(level)者約束並控制較低層者成為各種的等級(degree)。
- Relative scale: 相對尺度
絕對尺度轉變至描述相對距離、方向、幾何的尺度，根據一些機能上的關連。
- Scale: 尺度
一個事物或過程在關於時間或溫度方面的向度，多以粒度及幅度來表示。

尺度的相關術語與實際應用

- ◻ 粒度與幅度
- ◻ 粒度-空間分析最細微的單位
例如，網格圖的方格大小，或以多邊形繪製圖的最小製圖單元。
- ◻ 幅度提出研究區域的整體大小
- ◻ ．粒度和幅度易於使用於遙遠的影像時
- ◻ ．不同的衛星感應器有不同的粒度
例如，SPOT影像的方格大小為10M x10M，LandsatThematic Mapper有30M x 30M，早期的LandsatMultispectralScanner則為90M x 90M。

尺度的相關術語與實際應用

表2.1. 與尺度相關的用辭和概念的定義。	
術語	定義
絕對尺度 absolute scale	實際的距離、方向、形狀和幾何。
製圖比例 cartographic scale	空間縮小的程度，能表示出較大單位所測量的長度；展示在地圖上的距離比例，通常以類似1：10，000的方式呈現。在製圖時，大尺度意味著小解精度，小尺度則反之。
臨界閾 critical threshold	指出突然的質量、特性、或現象改變。
幅度 extent	研究區域的大小、或研究的期間。
外推 extrapolate	從已知的值來推斷；在自變量未被使用在判斷過程的條件下預測一個值；將資訊由(1)一個尺度轉換到另一個尺度（粒度大小或是幅度）(2)由一個系統（或數據）轉換到另一個系統，在同一尺度下。
粒度 grain	在既定的數值資料中，空間可能的最小解精度。

尺度的相關術語與實際應用

等級制度 hierarchy	相互連結或組織的系統，在系統中，較高層級會根據反應的時間限制，約束並控制較低層級到各種階層。
整體元 holon	代表一個實體，如同雙向窗戶，經由它，環境影響一部份，而這部份又形同一個單元，傳達至其餘領域。
組織的層級 level of organization	生物等級制度中的一個位置（如生物、鄉鎮、族群等）
相對尺度 relative scale	絕對尺度轉變成描述相對距離、方向、幾何的尺度，根據一些機能上的關連。
解精度 resolution	測量的清晰度；在空間上，指粒度大小。
尺度 scale	一個事物的變動過程在空間和時間的面相，同時具有粒度及幅度的特徵。

尺度的相關術語與實際應用

- ◻ 測量所用的尺度，如人口普查面積、遙測數值網格大小等，都會影響所得的數據。
 - ◻ 檢測物種豐富度時，物種數量會隨研究區域面積的大小呈漸近的增加。為了避免錯誤的尺度所造成的干擾，研究區域的大小必須被計算，在預測物種豐富度之前，在基地間或時間上，需要做比對。
- Figure 2.2 illustrates spatial scale concepts. (a) Increasing Grain Size shows a 2x2 grid of pixels, where each pixel represents a larger area. (b) Increasing Extent shows a 4x4 grid of pixels, where the total area covered increases. The figure is labeled 'Figure 2.2' and includes a caption: '空間尺度的兩種構成要素：(a) 粒度和 (b) 幅度。聚集而形成數據單元的網格數目許多的方格聚集形成新的數據單元（即新的尺度），以n表示：全體範圍，幅度，以見n表示。' (Spatial scale consists of two components: (a) grain and (b) extent. A large number of small grid cells aggregated together form new data units (i.e., new scales), represented by n: total range, extent, represented by n.)

尺度的相關術語與實際應用

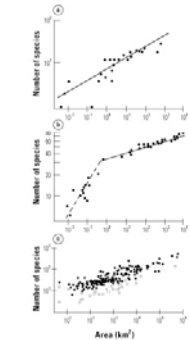


圖2.3. 為關於物種一面積相互關係的例子，觀察到的物種數量隨著面積的增加而增加。(a) 克茲爾（Sea of Cortez）24個小島的物種一面積關係圖（Cody，1983）(b) 所羅門群島（Solomon Islands）島嶼的物種一面積關係圖，為非線性的（Diamond和Mayr，1976；Williamson，1981）(c) 熱帶及亞熱帶海島陸島的物種一面積關係圖，結果顯示，島嶼大小及其與大陸的距離有相互關係，開放的正方形為距離下個最大的陸塊大於300公里，或位於夏威夷（Hawaiian）或加拉巴哥斯（Galapagos）群島的島嶼；封閉的圓形為距下一個最大陸塊小於300公里者。

關於尺度的問題

- ◻ 範圍(the scale coverage problem)
地表廣大，製圖困難，亦難了解其空間變化
- ◻ 連結(the scale linkage problem)
不同尺度的資料彼此間無法相互比較
- ◻ 標準化(the scale standardization problem)
如何整合不同型態的資料

關於尺度的問題

表2.2. 小尺度和大尺度研究的屬性比較。

屬性 (Attribute)	尺度 (Scale)	
	小 (Fine)	大 (Broad)
細節解析度 (Detail resolution)	高	低
取樣誤差的影響 (Effects of sampling error)	大	小
實驗的操作 (Experimental manipulation)	可能	困難
可推斷性 (Generalizable)	低	高

關於尺度的問題

模型型式 (Model from)	機械的	相關的
複製性 (Replication)	可能	困難
精確性 (Rigor)	高	低
取樣的適當性 (Sampling adequacy)	好	粗劣
研究期間 (study length)	短	長
調查型式 (Survey type)	質性的	質性的
假說的可試驗性 (Testability of hypotheses)	高	低

尺度的概念以及層級理論

- 等級理論
一種相互連結的系統
系統根據holon成為各種的等級(degree)
- 任何研究至少考慮三個層級
- 雖然影響過程的變數不一定會隨著尺度改變，但當時間或空間尺度改變時，相對重要性通常會改變

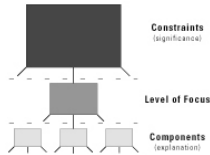


圖2.5. 等級理論的三個層級。上方的層級約束焦點層級並提供含義；下方的層級提供細節以解釋焦點層級的反應。

尺度的概念以及層級理論

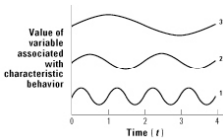


圖2.4. 經過時間的改變，與生態等級階層結合的變數的值。最上面的線（線條3）是慢速的可變物，會被視為到較低階層的限制物；由於變化很慢，它會被觀察者當作一個常數。中央的線（線條2）可能是觀察者在系統測量變化的尺度。較低的線（線條1）是快速的可變物，因為變化很快，可能被視為一個常數。

尺度的概念以及層級理論

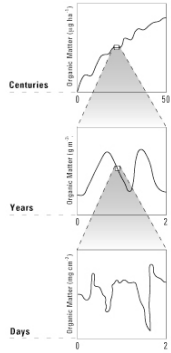


圖2.6. 當觀察的時間尺度改變，土壤有機物表面的動態變化。每日的觀察窗（下方的長方形畫）顯示枯枝落葉層的快速的波動，由於風和昆蟲的活動。經過幾年的尺度（中間的長方形畫），季節格局的分解是明顯的。經過幾世紀的尺度（上方的長方形畫），觀察到有有機物的累積，會連續地擺動。

辨識出合適的尺度

- 利用空間統計(spatial statistics)辨識尺度
- 多項式迴歸(multiple regression) 能量化不同尺度下一組變數的解釋能力

尺度上推

- 地景生態學研究的最前線
- 尺度上推之挑戰
正確的解釋空間和時間的異質性，以小尺度的資訊正確的整合或聚集這些異質性到較大的尺度裡
- 直接推估(direct extrapolation)
利用由不連續因子模擬所得的資料或模式
適用於“量化的值”(如生物量或淨生長量)，因無空間相關性，且與可由遙測量得的屬性有關
- 以期望值推估(extrapolation by expected value)
主要誤差來源：機率估計、地景變數的機率分布

第三章 模式的介紹

作者：葉怡欣

模式是什麼？

- 模式是一系統或過程抽象的代表
 - 物理模式(Physical models): 研究中物體或系統的有行複製品(material replicas)，但是在縮小的尺寸下進行。在許多工程分科中使用，但生態學者也建立溪流、湖泊、甚至整個生態系的物理模式，譬如Biosphere 2 (Macilwain, 1996)。
 - 抽象模式(Abtract models): 以符號而非物理設備來代表所研究的系統。這裡我們主要聚焦在數學的模式上，這在20世紀初就開始在生態中扮演一個重要的角色。(Figure 3.1)

	Developments in Ecological Modeling	Related Developments in Technology
1900 to 1959	Lotka-Volterra models (1912) Leslie matrix models (1945)	Aerial photography
1960	First ecosystem models International Biological Program (IBP) Metapopulation model	Analogue computers
1970	Forest gap models (JABOWA/FORET) Watershed models	Landsat Digital computers
1980	Early landscape models Patch dynamics models Spatially explicit models General circulation models (GCMs) Integrated ecological-economic-social models	Geographic information systems (GIS) Personal computers Supercomputers

生態模式發展線：
這裡強調出影響生態模式的重要科技與程式發展。列舉若干。

為什麼要建立模式？

- 更精準的定義問題，並且更清楚的定義概念
- 提供資料分析和溝通結果的工具
- 做預測
 - 但因為知識的不完全，多數的模式被用來探索我們所認為的系統結構和動態的結果(consequences)。當我們面臨一個大型且複雜的景觀時，通常很難，有時候甚至是不可能相稱的尺度下進行。

• 微景觀的試驗性操作

- 開始被用來獲得像是昆蟲、小型哺乳動物、以及一些植物對於替代景觀模式(patterns)之反應的內在檢視(如 Johnson et al., 1992a; Glenn and Collins, 1993; lines et al., 1993; Wiens et al., 1995, 1999)。景觀生態學者也利用自然、不受抑制的事件(特別是自然干擾，像是火災、風暴、洪水)，並且從試驗性的觀點來研究它們效應(見 Chapter 7)。
 - 但研究狀況的有限範圍
 - 常不允許複製或是控制操作。
- 每個景觀的獨特特徵和干擾事件也許會支配結果。模式則放鬆了這些試驗性的限制，提供某狀況廣泛範圍上，系統性比較的工具。

• 景觀模式

- 幫助將我們的了解條理化，並發展關於空間模式和生態過程互動的理論
- 產生景觀動態的一般內部檢視
- 產生可檢測的假設，此假設可以用來指導田野研究(field studies)，透過探討於法在田野上複製的狀況
- 探討對於較大範圍或狀況的結合之生態反應，相較於在田野試驗所能建立的。

模式的分類

- 決定論(deterministic) v.s. 隨機論(stochastic)
 - 決定論模式: 當輸入、參數、還有變數被列入後, 永遠產生同樣的結果。也就是沒有不確定性或變異性, 對一狀況特定序列的重複刺激會產生相同的結果。
 - 隨機論模式: 包含一個不確定(機會)的元素, 所以重複的刺激會產生有點不同的結果。

分析論(analytical) v.s. 模擬論(simulation)

- 閉路式(closed-form)的數理解決方案(分析論模式):
- 缺乏閉路式(closed-form)的解決方案依賴電腦方法(模擬論模式)來獲得解決方案。
- 對分析論模式來說, 數理分析能啓發應用在廣泛模式行為類別的解決方案。(Table 3.1)相反的, 模擬模式的複雜性是指, 無法或難以獲得這些普通的解決方案。模式發展者依賴電腦方式取得系統解決方案。模擬論是指, 一步一步地去模擬我們所研究的系統之行為(Grant et al., 1997)。

TABLE 3.1.
COMPARISON OF DIFFERENTIAL AND DIFFERENCE EQUATION FORMS OF SOME
SIMPLE EQUATIONS FOR POPULATION GROWTH.

Type of population growth	Differential form	Difference form
Linear growth	$dN/dt = r$	$N_{t+\Delta t} = N_t + r \Delta t$
Exponential growth	$dN/dt = rN$	$N_{t+\Delta t} = N_t + rN_t \Delta t$
Logistic growth	$dN/dt = rN[(K - N)/K]$	$N_{t+\Delta t} = N_t + rN_t \Delta t[1 - (N_t/K)]$

SEE FIGURE 3.2 FOR THE GRAPHICAL REPRESENTATION OF THESE FORMS.

族群成長方面, 一些簡單方程式的differential形式和difference形式方程式的比較

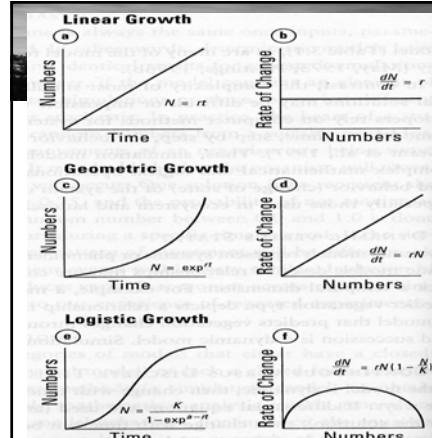
動態論(dynamic) v.s 靜態論(static)

- 動態論模式代表隨時間改變的系統或現象
- 靜態論模式描述恆常的(或處於平衡的)關係, 通常缺乏時間的面向。

模擬論模式就是動態的。

• 連續的(continuous) v.s. 不連續的(discrete)時間

- 如果使用可以得到解決的不同方程式以及數字化的方式, 那麼隨時間的改變就可以在隨意的、小型的時間下被預估。(Figure 3.2)模式通常是以不連續的時間步驟或區間寫下。在這些狀況在時間步驟監視維持靜態的假設下, 以不連續時間步驟寫下的模式能預估近來的狀況, 然後再跳到下一個時間。時間步驟可能是恆常的(每週、每月、每年一個解決方案)或者是由事件所引導的, 這導致事件之間不規則的區間。譬如, 干擾模式(颶風、火災在植被上的效應)。



族群成長的特定形式之積分曲線案例(左側的a, c, e), 和齊維分圖案例(右側的b, d, f)。

機制的、以過程為基礎的、實證性研究

- 機制是
 - “一工具(instrument)中，各部份的安置”。
 - 代表規則(manner)中的動態，且是與真實世界的現象一致 (譬如，混亂和能量節約定律或化學定律)。
 - 就機制的方法來說，雖然已經有對生態模式waning的支持 (Breckling and Muller, 1994)，但在狹意上，從黑箱模式中區分出這些模式的機制之使用，掠取任何可能滿足代表系統動態的公式。
 - 當“機制的”這個機制被鬆散地應用在區分less細節模式和more細節模式之間。其應用通常是，機制的模式是比less機制(less細節)的模式更受歡迎的。但有人主張額外的細節要產生更可信的模式，必須在一個接一個的案例基礎上被證明(Gardner et al., 1982)。

• 以過程為基礎的模式

- 意指，該模式組成是特別發展來代表特定生態的過程。雖然概念上看起來很清楚，但在定義合格(或不合格)於過程模式的上，並沒有優先順序的標準。所以，就細節的水準來看，是有可能擁有一個機制性以過程為基礎的模式，或是一個實證性以過程為基礎的模式。

• 實證性模式

- 通常指以簡單、或相關的關係為基礎的公式之模式。也意味著模式參數也許是從資料中衍生出來的(對大多數的生態模式來說是常有的狀況)。迴歸模式(就和其他各種統計模式一樣)就是典型的實證性模式，因為該方程式適合該資料。

分辨模式類型

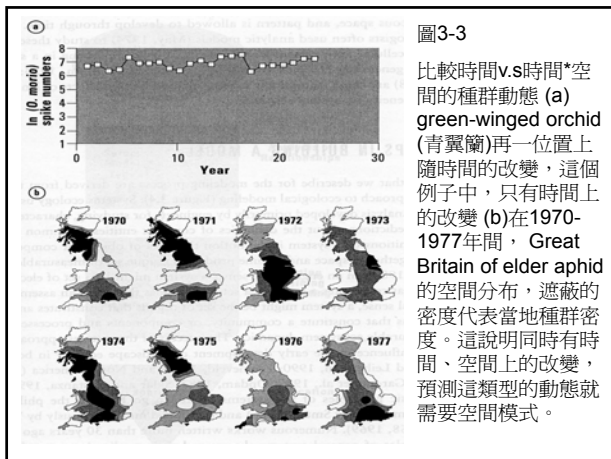
- 是根據在定義良好的理論構念上，擴散性過程的模擬所描繪出來的(Okubo, 1980)。這些擴散的公式化允許簡單的實證性測量來定義用以預估擴散範圍的係數。所以，在以實證性為基礎的參數背後，存在強力的理論基礎。將模式分為arbitrary 和不良定義的分類，是缺乏嚴密和重複性的。

空間模式

- 當資源或過程的異質性被要求來適當地代表和預測系統動態時，空間模式是有所用處的。
- 只有當清楚的空間—呈現什麼東西、以及她們是怎麼安置的—對於在研究的過程來說是一個重要的決定因素時，才需要空間模式。但通常很難定義其優先順序。

對空間生態來說三個重要的一般狀況

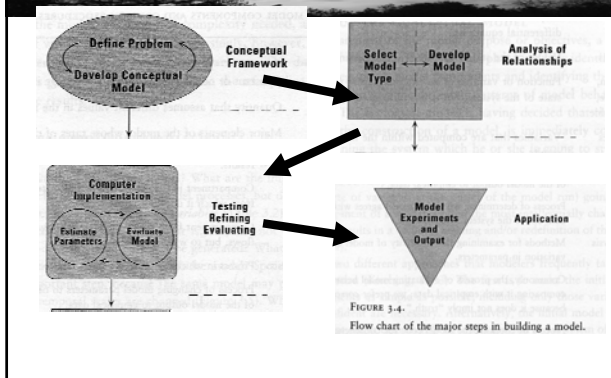
- 1. 空間模式 (元素的豐富或配置)也許是在分析中的自變數之一。因此，我們特別感興趣於某些生態反應變數如何如同同一景觀元素或配置的函數改變。一個發展用來道出這些問題類型的空間模式，會使用空間模式(pattern)來作為輸入變數之一。大多時候，using a map for one of the driving variables does this;這張地圖也許會/不會隨時間改變。
- 2. 預測影響的某一屬性之空間變化，和它怎麼隨時間改變時，就需要空間模式(Figure 3.3)。這些問題需要初步的空間模式(pattern)來作為模式(model)的輸入，然後在模擬模式(pattern)隨時間改變的情形(Turner, 1987a; Costanza et al., 1990; Sklar and Costanza, 1990)。



對空間生態來說三個重要的一般狀況

- 3.當問題牽涉到產生模式(pattern)的過程或生物互動時，就會需要空間模式。這些模式通常以同質的空間開始，而模式(pattern)是允許隨時間發展的。種群生態學家通常使用分析模式(May, 1974)來研究這些狀況，但是細胞自動機模式 (cellular automata models) (細胞以簡單方式互動的系統，但會產生複雜的整體行為，如Wolfram, 1984; Hogeweg, 1988) 已經逐漸被用來納入在系統反應上，景觀異質性的特定效應。

建立模式的步驟



- 在工程的角度來看，系統也許是一系列的電子組成，組成一台收音機或形成一套配裝線的機器。
- 在生物學的角度，系統也許是能組成生物的一套器官、一個能組成群落的一些種群、或是能產生可測量的生態系動態的組成和過程。系統方法的成功已經在早期的景觀生態發展上有強度的影響，在歐洲 (Naveh and Lieberman, 1990; Zonneveld, 1995) 和在北美 (Johnson et al., 1981; Gardner et al., 1987; Opdam, 1987; Sklar and Costanza, 1990)。

Term	中文	定義
Parameter	參數	模式中不變的常數或係數
Variable	變數	在模式中假設不同值的量
State variable	陳述變數	模式的主要元素，由不同的方程式限定其改變速率
Initial conditions	初始狀況	一模擬中，開始階段的陳述變數的值
Forcing function, external variable, or driving variable	強迫函數，外部變數，或驅使變數	一外部本質的函數或變數，會影響系統的狀態，但不受系統影響
Output variable	輸出變數	在模式中所計算的值，作為結果
Sink	匯	模式中，接受物質或流的部分，不可逆
Source	源	模式中，模式流流出的部份，不可逆
Dimensional analysis	面向分析	確定模式中，單位一致性的過程
Calibration	分等	改變模式的參數，以獲得和實證性資料更適合的結果之過程
Corroboration	證實	決定一模式是否對所研究系統的可得資料一致的過程
Sensitivity analysis	敏感度分析	檢測模式行為對參數變化的敏感度之方法
Validation	效度	透過與實證性資料比較來評估模式行為的過程，我們偏好證實(Corroboration)，因為它並不意味著“真實”。
Verification	核正	確定代表模式的方程式或關係之編碼一致性和正確性的過程。

• 我們提供Kitch-ing (1983)在系統生態學中所寫到的建模步驟，同時提供在建模中常使用的參考文獻字彙表。(Table 3.2)

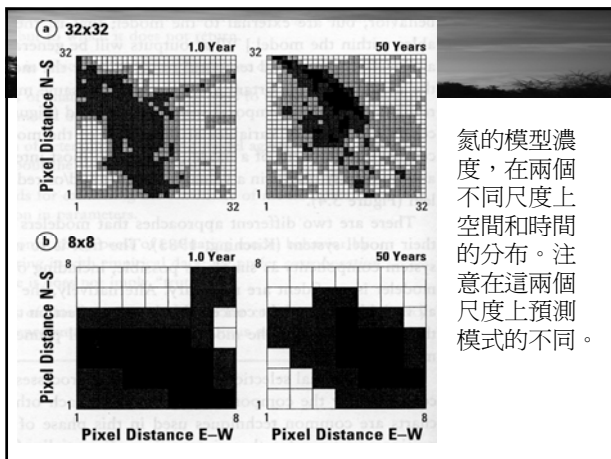
步驟一:定義問題

- 僅擁有很多看起來有用的資料是不充份的基礎。模式的目的是要提供模式發展、模式評估標準、還有必須被解釋的模擬結果脈絡等，的架構。因此，對於目的清楚的聲明可是被認為是在整個建模過程中，最決定性的步驟(Grant et al., 1997)。
- 這會影響到模式的形式、所需要的複雜性程度、以及他所運作的空間和時間尺度上。但事實上這卻沒有受到應得的注意力。對模式目的的忽略，最後將會導致錯誤的應用和結果的誤讀。

步驟二:發展概念模式

- 包括系統範圍的確認、模式組成的分類和組成間的關係確認、還有描述模式(model)行為所預期的模式(pattern)。Kitching (1983)提到“生態建模者，已經決定所面臨的問題，需要模式的建構，是直接面臨他/她將要研究的系統定義的必要性。”(Table 3.2)操縱變數影響模式行為，但是在模式的外界，即它們不受到模式裡的變數所影響。

- 說明模式的尺度是很重要的步驟 (Figure 3.5)。模式的發展通常是智力上的挑戰，且通常造成有價值的精練，以及/或是模式問題的重新定義。(Figure 3.4)
- 讓系統組成的初步選擇盡可能的簡單，包括那些建模者相當有自信認為是必須的變數也是。



步驟二中兩個不同的方法

- 建模者必須考慮到組成之間的互動如何。
 - 流程圖 (flow diagrams, 質化關係的正式代表) 或流程表 (flow charts) 都是在這個建模步驟中常用的技術，扮演寫出這些互動方程式的先驅。

步驟三:選擇模式類型

- 這個決定強烈的取決於所預期的模式使用。模式被用來和資料比較的方式，也許會影響是決定論(deterministic)或隨機論(stochastic)建模方式之間的選擇。
 - 使用隨機論模式的優點之一，就是同樣模式的多次結果可以被總結則為統計性的，就和我們再實驗性資料中進行的一樣。此模式結果的變異量允許試驗性或田野觀察的測量值之統計性比較 (Kitching, 1983)。

步驟四:模式發展

- 接下來，就要真正去寫會被模式執行的方程式和/或邏輯操作。可能會用到廣泛的數學公式，而且對一限定的問題來說，剛開始可能不是很清楚哪個會比較好。
 - 在這個階段期間所遇到的問題，通常需要模式類型上的校正，這讓步驟三和步驟四在過程上緊緊相連。(Figure 3.4) (參考Swartzman與Kaluzny, 1987)

步驟五:電腦執行

- 將模式譯碼，成為電腦語言(或建模套裝)，需要方程式和關係正確性的小心檢查。通常是最花時間的步驟。邏輯上的錯誤、或甚至是簡單的打字錯誤，都可能改變模式的形式和功能。所以，模式的核定(*verification*)，令人倦怠的檢查—測試過程，卻是模式發展中不可少的一環。
 - 我們的經驗是，在識別許多錯誤上，一套簡單的測試資料是最好的工具。

- 另外一個在模式發展中，重要卻被忽略的面向就是適當的模式使用說明的製作。它應該要包括
 - 模式的目的和概念性基礎
 - 時空尺度、和其他與模式參數、變數、輸入、和結果相關的單位
 - 基本的潛在模式假設
 - 控制程式邏輯和流程的方程式之基本理由
 - 提供所有模式參數的資料來源和預估方式
 - 執行測試以確保模式的正確性和可信度

步驟六:預估參數

- 所有的值，必須和用來代表系統利益的模式目的與方程式一致，這些值典型來說是從資料中預估的，或由各種已發表數值所獲得
 - 建模者不但必須特別注意所有參數和變數單位的一致性，還有與每個值被適當了解相關的確定性程度 (the degree of certainty associated with how well each value is known) (Table 3.2) 注意：參數估計的過程和模式分級的過程不同。它是指對於輸入和參數反覆的校正，以求增進模式對輸出變數的適合度。
 - 這個反覆的適合透過圖3.4的模式執行回籠、評估和參數估計顯示出來。當直接的參數估計無法獲得時，分級是最成功；但是在系統動態的網狀改變中應該要仔細測量。理想的狀況是有第二套的資料來測量這些標準化(但未測量)參數的效度。

步驟七:模式評估

- 同時包含模式結果和資料的比較，還有對模式敏感性的了解，**as structured, to the parameters within it.**
 - 比較模式和資料有時候指的是模式效度，但這個術語仍然是不確定的(Rykiel, 1996)。許多建模者偏好使用較有意義的、較可計量的字彙，像是模式檢測和可信度(Mankin et al., 1975)。目標的檢測需要和 用來檢測模式行為資料 獨立的資料。

敏感性分析

- 指在模式內，特定參數的相對重要性評估 (Gardner et al., 1981; Caswell and Trevisan, 1994)。
 - 在敏感性參數中，一個小小的改變會在模式結果中造成大大的改變。相反的，即使是不敏感參數的大型改變，也都會顯著影響模式結果。(注意到，參數的擾動應該 $\leq 1\%$ ，以滿足敏感性分析的要求。更大的擾動，會產生不可信和難以解釋的結果。(進一步的討論見 Gardner et al., 1981)

步驟八: 實驗與預測

- 在一範圍的狀況中，預測的核定鞏固了模式的假設(*hypotheses*)和假想(*assumptions*)，而且增加我們對於擁有新的內部檢視和系統行為了解的信心
 - 當我們的信心增加時，模式的應用會從假設的檢測，變成更嚴謹的應用，像是保育規劃(Baker, 1989a; Bender et al., 1998)、景觀管理與設計 (Baskent, 1997)、以及因為土地改辨惑氣候改變所造成的潛在改變評估 (Baker et al., 1991; Neilson and Koerper, 1992; He et al., 1999)。
 - 在模式發展的每個步驟都要小心，以確保模式的正確性和適當。

景觀模式

- 這些報告的回顧顯示出近來由景觀模式所考慮的廣泛、且多樣的方法和題材，也描繪出將這些模式放到不連續類別中的困難。
- 用來描述這些模式的簡單類別，很可能是不可能建構的，且被使用的方法多樣性不太可能被適當的傳遞。

- 傳播模式被以多元的方式使用：像是
 - 反應—擴散法(如Beyers and Flather, 1999)
 - individual-based random-walk models (如 Gustafson and Gardner, 1996; Liu and Ashton, 1998)
 - 以或然為基礎的細胞自動機模型 (如Zhou and Liebhold, 1995; Darwen and Green, 1996)
- 建模干擾效應的方法也改變了，範圍包含
 - 空間異化方程式(partial differential equations)(如Emanuel, 1996; Jin and Wu, 1997)
 - 或然率干擾
 - 隨機論刺激 (e.g., Boychuk and Perera, 1997; He與Mladenoff, 1999),
 - 獨特干擾效應的專用方法(如由 Boose et al., 1994的颱風研究).

模式使用上的警告


- 植被改變的模式：
 - Markov chain(鏈) models (e.g., Li, 1995; Thornton and Jones, 1998)
 - JABOWA-FORET 森林演替模式(如Acevedo et al., 1996; Malanson與 Armstrong, 1996; Pausas et al., 1997)
 - 結合模糊理論的視覺屬性模型(Roberts, 1996).
- 和GIS資料圖層連結是研究中活躍的一快，已發展出許多新的模式和方法 (如Schippers et al., 1996; DeAngelis et al., 1998; Baker, 1995; Butcher, 1999).
- 景觀議題的建模方法持續反映出景觀生態學者利益的樣本多樣化。而解決相似問題的、清楚簡單的典範尚未產生。

- 1. *Know thy model.* 在替選模式公式中的比較是非常值得的，且應該在任何可能的地方嘗試 (如Rose et al., 1991a, b; VEMAP, 1995; Pan et al., 1998).
- 2. 錯誤的增值：空間上清楚說明的模式之錯誤評估仍然是一挑戰(Cherril and McClean, 1995; Henebry, 1995; Heuvelink, 1998)。大部分是因為評估質化和量化空間預測所增加的複雜性。

總結

- 3. 所有的模式都是真實世界的單純化。所以，模式研究的目的應該是要定義，對一提供可信和有用的結果之模式之應用。舊模式新應用也是一樣。
- 4. 資料永遠不夠。
- 5. 高科技方法並不提供良好模式的保證。通盤了解模式的架構、其發展過程中的假設、以及其使用上的限制(譬如空間或時間尺度)，對建模者來說是很重要的。
- 6. 持開放的心胸。對景觀空間模式來說，沒有唯一的典範。

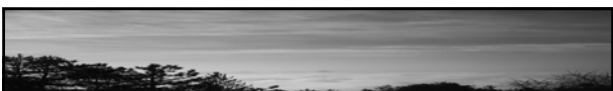
- 模式是一系統或過程的摘要或代表。有許多種不同的模式，且在生態學中許多數學模式被廣泛使用。模式能夠允許景觀生態學者在更廣闊的範圍探討某一狀況，而非僅能由試驗性實驗所提出的。景觀模式能幫助將我們的了解公式化，並發展關於空間模式和過程互動的理論，產生對景觀動態大體的內部檢視。



問題討論

- 模式有各式特點。A spatial model is only needed when explicit space. 許多景觀生態模式闡述複合種群動態、棲地破碎化、以及傳播和侵入的過程。干擾和植被動態也在景觀模式文獻中良好的表述。生態和社會經濟過程的整合模式，在文獻中漸漸展露頭角，但仍未獲得它應得的重視。

1. 景觀模式的區別特色是什麼？有任何空間模式也是景觀模式嗎？所有的景觀模式都必須要有空間的組成嗎？
2. 簡單模式的參數估計值是否可以以更複雜的公式直接被用在模式中？參考Table 3.1，說明你的答案。
3. 本章所呈現近來的模式提供近來模式活動的概觀。模式是否以一種平衡的狀態被應用在較廣的議題範圍中？從回顧課題的明細中，景觀生態學忽略了什麼？為什麼？
4. 科技的進步也許最終允許複雜的空間模擬，能夠更簡單地在GIS軟體中執行。對於這些方法的發展和應用，景觀生態學者應該最為關心什麼呢？



報告完畢
謝謝！

Causes of landscape pattern

陳昀生
2006.12.06

摘要(SUMMARY)

- 現今的景觀是由許多原因造成的，
 - 包含無生命的變化性，像是氣候、地形和土壤；
 - 有機體間的相互影響，產生了空間的格局結構，甚至處於同質性的環境；
 - 過去與現今的人類居住與土地使用的格局；
 - 自然連續干擾的動態。

2

摘要(SUMMARY)

- Levin (1976a)認為產生空間格局的起因有三種原因：(1)當地的獨特性，就是在一個空間中的獨特特徵，像是無生命的變化性或獨特的土地被群集所佔用；(2)在空間格局中，階段的差異或變化性，主要起因在於干擾；(3)傳播，預防景觀變成僅覆蓋著單一的物種，佔優勢的族群

3

摘要(SUMMARY)

- 在有機體之間的相互影響，像是競爭和掠奪可能會影響到空間結構。基本的物種或佔優勢的有機體可能被解釋為景觀上的空間格局。連續干擾對景觀格局來說是個關鍵的促成因素。人類也是景觀格局上的一個主導者，因為土地使用格局與無生命的模式間的相互影響，而創造出適合有機體生活、繁殖和散播的環境。許多景觀變成自然與人類影響塊區的嵌合體，然而這樣會使自然的產地逐漸成為破碎化。

4

- 瞭解景觀格局發生的起因，以及在時間上格局的改變常被轉化成模式，運用於未來景觀計畫的方案，並且發展景觀格局的預測模式。

5

前言

- 在一處農業景觀中，我們可能會注意到森林，浮現出，沿著河堤的溪流與陡峭的山脈，而農田與牧草地占領了整個山坡的斜面上。
- 在一座落葉性的森林中，我們可能會注意到，在不同、連續的樹冠中有些許的缺口，我們可能會察覺出是在森林群落之間的過渡期，受到不同樹種所支配著。

6

前言

- 今天的景觀的產生有許多原因，包含無生命環境的變化，例如氣候、地理和土壤；生物之間的相互影響，產生了空間上的格局結構
- 在這章節我們討論許多的方法，在景觀中格局的發展，提出一種長期背影作為瞭解今日目前的格局

7

前言

- 占優勢的植被格局結構可能被認為交錯群落，在植被類型之間的空間性區域，是利用於確認類似植被的塊區或是土地的覆蓋。
- 交錯群落的劃界線，在景觀中分隔出佔優勢的植被類與基礎的空間格局結構。

8

前言

- Levin (1976a) 確認出一般空間格區起因的三種類別。
 - 第一種類別，當地的獨特性，關於在空間中的獨特特徵，像是無生命的變化性或獨特的土地被群集所佔用。
 - 第二個類別階段的差別，是關於空間的格局，主要為因為干擾。生態系經歷當地一連續的干擾有所反應。然而及時在任何一個點，景觀會有一些不同年齡上的干擾，與在連續不同的時期
 - 第三個類別消失，預防景觀一致成為單一化，被其它族群所覆蓋。這機制是一種簡單的“流浪”策略。

9

前言

- 介由產生許多後代散播到處，一種“流浪”的種類能夠建立它自己無論在什麼時候都可以產生一個機會，像是黃鼠或獾會挖掘洞，然後撤除先前的植被。
- 景觀的空間異質性時常會發生少部分的干擾，以及受限於佔優勢種類傳播的能力，一個“流浪”的物種能夠維持它自己在孤立的地方，遍佈於景觀中。

10

前言

- 以下部分是介紹一些因素提出，在景觀中格局受到注意，包含無生命因素、生物之間的相互影響、人類土地使用的格局以及連續干擾

11

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 在某種程度上景觀格局的結果，是來自氣候與地形的變化性。氣候與合成、長期的或一般地主要地區的氣候有所關聯，然而氣候在生物地理格局上，扮演著一種強大的控制者，透過能量與水的傳播。

12

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

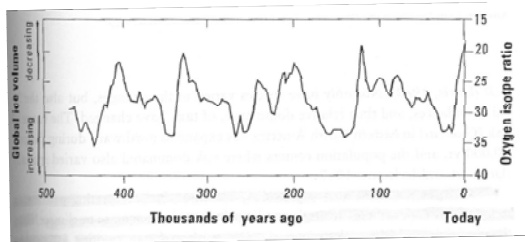
- 所有的景觀皆有一個歷史，要瞭解景觀格局與過程，需要瞭解景觀的歷史。在廣大的尺度下，氣候會隨著緯度而變化，溫度、溼氣的分佈與洲大陸的位置皆會影響。因為不同土地與水分的暖化，在特定緯度的海岸地區與內陸地區有所不同。

13

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 在過去500,000年裡地球上氣候的轉變，其具有戲劇性（圖4.1）。每一個冰河時期一兩個冰河時期的循環大約持續有1000,000年之久，氣候逐漸冷卻有90,000年，之後的10,000年裡會急速暖化。最近冰河時期的高峰期或者是冰河期間，離現今大約是前18,000年，而最末端時期大約是10,000年前。
- 這些長期的氣候循環可能會經由太陽循環式的變遷而產生，在地球的軌道上生長期與複雜的變化。

14

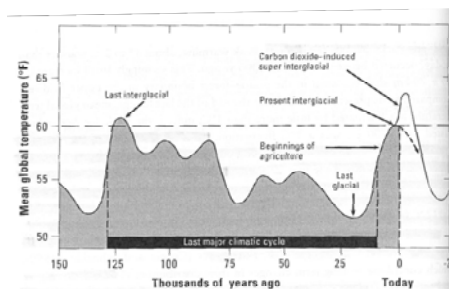


15

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 平均地球的溫度僅確實表示出，地球表面的空氣溫度，因為氣候學家想要忽略空間變化，在氣候上查出整個地球氣候系統的趨勢；因此，在地球的許多場所中，平均地球溫度只要少部分的變化，在溫度上可能會反映出非常大規模的波動。在過去150,000年的期間，冰河時代與形成兩個冰河時期之間，在平均地球溫度上有的50°C轉換。

16



17

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

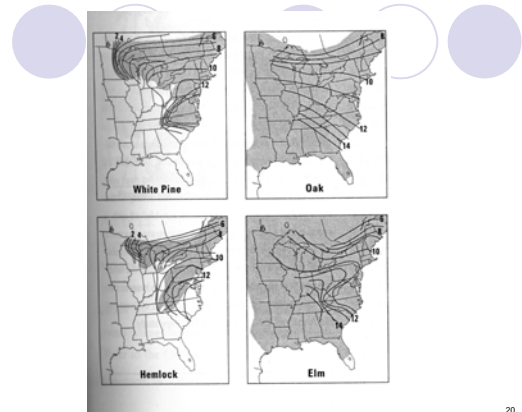
- 地球上一時代的動植物必須對大規模氣候上的波動要有所適應。一般生物可能有三種方法以適應長時間的變化：
 - (1)他們可能物種逐漸擴張
 - (2)他們可能遷移至較遠的距離，是根據它的遷移能力或者
 - (3)他們可能滅絕。

18

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 有許多研究報告有描述而且也瞭解到植被的變化會伴隨著氣候的變遷而改變。例如，在美國東北區所限有的樹種，在過去13,000年之間迅速間改變了

19



20

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 對於解釋今日的景觀格局，有幾個重要觀點能提供作為一個背景資料，從植被研究反覆出氣候的變遷。
 - 首先，冰河時代的一形成兩個冰河時期的循環引起群落的分離
 - 第二，過去植物群落的特性描述暗示，整個植被帶或群落的置換，主要是去除而不佔領。那就是物種對氣候的變遷有了反應，每種物種要根據它的忍受程度、散播能力以及與周圍動植物間的相互影響。
 - 第三，干擾變化特徵對過去氣候變遷上易受影響。例如，美國西北方的明尼蘇達州的火災，每44年會有一個循環。

21

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 對於地球上動植物與格局的分佈，從潛在氣候變遷的含意看到景觀是具有其深度的。目前氣候在景觀格局上產生了一個非常強大影響力，而且最顯著的氣候變遷的影響可能是在景觀格局上的改變。

22

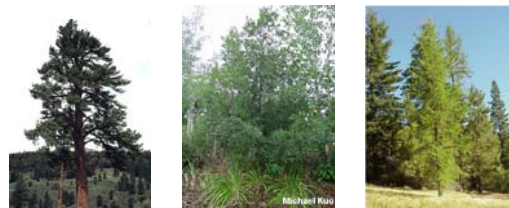
無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 假設植被的變遷包含海拔高度與方向性範圍調整。那就種類數可能增加或減少，依海拔高度、坡度或緯度而定。生長於較高海拔的物種分佈區，在未來氣候下可能會減少，而某些物種可能會局部滅絕。

23

無生命景觀格局的起因 (ABIOTIC CAUSES OF LANDSCAPE PATTERN)

- 溼冷的冬季也提供一些新的地區，適合其它物種的產地（例如：北美黃松）



24

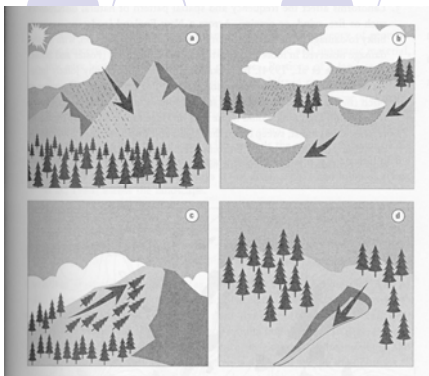
地形(Landform)

- 地形的變化幅度是從平坦的平原到高低起伏、不規則的平原、丘陵、小山至高山，可以從以三點主要特徵確認出：
 - 坡度(<8%);
 - 當地的地勢起伏
 - 雄偉的輪廓外觀。
- 地形可能會更進一步被描述出，地形一連續的變化、土壤類型以及在每一地形上植被種類。

25

- 在生態系格局與過程中，有四種地形的意義：
 - 海拔、方位、起源的物質以及地形的坡度，對空氣與地面溫度、溼度、營養物質以及在景觀中其它有效的物質會發生影響。例如南面的坡面比北面的坡面得到更多太陽能源。
 - 地形會影響許多量的流動，包含有機體、真菌、能源以及在景觀中的物質。例如風的吹過，導致種子隨風傳播至各處
 - 地形屢次受到空間格局的自然干擾所影響，像是火、風或放牧。
 - 地形會限制空間格局、地形過程的速率或頻率，有機體與非有機體物質的物理性傳輸，這樣會改變了生物的特徵與過程。

26



27

生物間的相互影響 (BIOTIC INTERACTIONS)

- 在有機體之間的相互影響，像是競爭與掠奪，可能導致空間結果，甚至完全變成同質性空間。
- 在景觀中兩個物種間的競爭，而理論上並無任何生物的變化，可能會導致空間同質性的分佈（例如以一個物種為主要部分），而將競爭性完全排除。最好的競爭者最後一定能勝出，然後建立它自己的王國遍佈於景觀中，最終形成格局同質性分佈。

28

生物間的相互影響 (BIOTIC INTERACTIONS)

- 不同格局的種類，從族群相互作用間的反應—傳播模式能顯現出來。在這些模式中，增強與競爭的族群也是會擴散遍及適合於他們的環境。在許多個案中，預期相同的分佈是會隨著擴散的活動而不穩定，系統即自然地呈現空間分佈週期性的不協調。

29

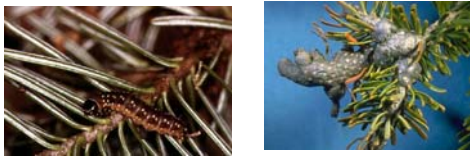
佔優勢生物的影響(Influence of Dominant Organisms)

- 在許多方面上，佔優勢的生物被解釋為是在景觀中的空間格局。例如樹種的塊區或自然植被被認為是最大量的自然陸地景觀格局。
- 在生態系中，無生命模式的環境下，優勢種便會改變無生命的狀態，並且提供資源的主要部分與基質，為了要贏過其它族群。在佔優勢的空間格局區內，因此停止生態系被迫運作。

30

佔優勢生物的影響 (Influence of Dominant Organisms)

- 一般佔優勢消費者的例子，可能會生產並且維持空間格局，是一種致命的有害動物。昆蟲像是雲杉上的幼蟲(spruce budworm)和alsam wooly adelgid (*Adeiges picea*)扮演著很多像其它的干擾，導致塊區回復到早期連續的階段。



31

佔優勢生物的影響 (Influence of Dominant Organisms)

- 電擊或毀掉單一樹種便會引起甲蟲的入侵。一旦建立甲蟲便會入侵鄰近的樹木，從它最初的進攻點逐漸擴張開來。

32

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

- 土地使用的格局能改變了自然過程的比例與方向，然而土地使用格局與無生命模式間的相互作用，以創造出有機體必要的生活環境、繁殖與散佈。土地使用與人類利用土地與資源有所關聯。例如，人類能使用土地以作為食物的生產、住房建築或遊憩。土地覆蓋與棲息地或植被類型有關聯，像是森林、農業和牧草地。

33

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

- 史前的影響
 - 史前人類在景觀中扮演一個具有影響力的角色，而且過去的影響結果也會促成今日的景觀格局。
- 人類活動的擴張對歐洲自然的植被會有什麼影響呢？在生態係中斧頭與鋤子的衝擊，開始改變了自然景觀，變成以犁、燃燒踐踏進行耕種。砍伐森林的過程，土地轉變成牧草地或耕地，使景觀完全改變，從自然的嵌合體變成耕種的嵌合體。

34

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

- 在景觀中史前人類的影響，將由將其特徵分成五個主要類型：
 - 人類改變了大量的植物，尤其是佔優勢的結構—森林群落。從Crawford Lake, Ontario傳授花粉的記載中，印第安人將土地清除然後耕種玉蜀黍，從14世紀至17世紀。
 - 人類不繼的擴張，要不然就截斷了植物（木本與草本）領域的分佈。例如，在歐洲橄欖的生長區，在前3000年裡經由人類不間斷的耕種逐漸擴張，從地中海沿海地區至遍佈南歐。

35

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

- 機會是被創造出來的，因雜草物種的入侵而形成荒亂的地區。在花粉記載中，有許多地點的雜草物種會聚集於耕種田地，能增加肥沃度，而這些增加也與人類的佔領有所關聯。
- 土壤營養物質的狀況會隨著消耗與施肥而改變的。
- 景觀的嵌合體是會改變的，尤其是森林和非森林的分佈區。在史前生態的記載中，最後的改變也是容易觀察出的，經由調查樹、草本花粉的比率。

36

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

歷史與現今的影響

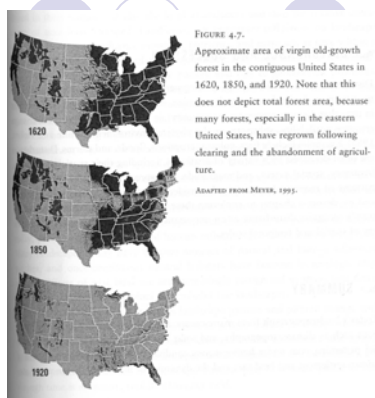
- 在世界各地與美國裡，今日土地覆蓋格局大部分會受到人類的利用而改變：經由農耕、家畜量增加、森林伐木以及建築體。人類社會依賴著自然產地，以提供人類種種的服務，包含生產、營養物質的回收、廢物的分解以及維持乾淨的空氣、水質與土壤。尤其在北美，土地使用已有很嚴重的改變。景觀變成自然與人類影響塊區的嵌合體，而且增加了自然棲息地變成連續的破碎化。

37

人類的土地使用 (HUMAN LAND USE)

- 美國發展的土地已擴展開來，人口數不斷的增加，現今大部分的人口都居住於城市、城鎮與郊區中，而不是農場。美國人在空間上展延橫越土地作為運輸，尤其汽車變成主要的運輸工具。現今殖民地的格局，平均每個人的土地已超越過去，而且住宅與土地細分使景觀變的更加疏散。

38



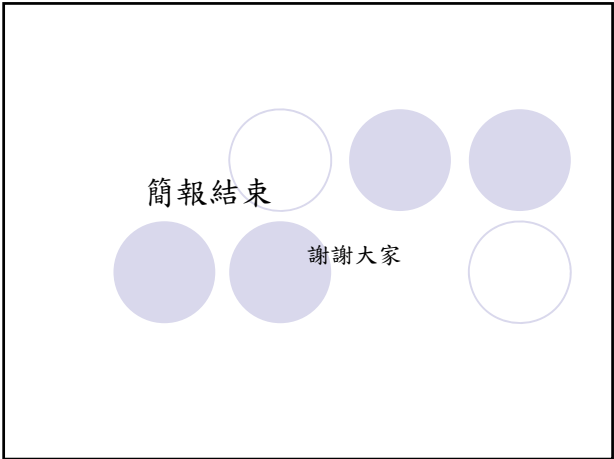
39

連續干擾 (DISTURBANCE AND SUCCESSION)

- 干擾與其後的植被生長，對景觀格局來說是個關鍵的假成因素。根據干擾意欲使生態系、群落或族群結構破裂，以及改變了資源的可利用性、基質或自然環境。例如包含火災、火山爆發、洪氾以及暴風雨。干擾有許多特質，包含空間上的干擾、干擾的頻率、干擾的程度以及干擾的強度。干擾的散佈然後空間格局的恢復，在景觀生態中已有獲得相當多的注意力。

40





Quantifying Landscape Pattern 地景格局的量化

報告者：張鈞媛

日期：12月13日

大綱

- 為何要量化矩陣
- 地景分析的使用資料
- 地景格局分析的解釋或首先讀此
- 地景格局量化的矩陣
- 地理統計或空間統計
- 綜論

一、為何要量化格局

- 地景生態學強調的是空間格局(spatial pattern)和生態過程(ecological process)之關係，此即空間格局量化的必要性。
- 了解地景格局有何重要性？
 1. 地景隨時間尺度上的變化
 2. 決定及比較地景之不同
 3. 考慮不同經營發展之差異
 4. 不同面向的空間格局其過程是很重要的

地景隨時間尺度上的變化

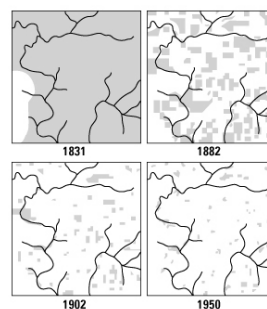


Figure 5.1
美國威斯康辛州小鎮，森林覆蓋隨時間之改變

決定及比較地景之不同

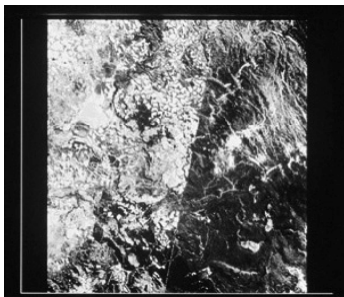


Figure 5.2
美國黃石國家公園西邊邊界有明顯之地景格局差異

考慮不同經營發展之差異

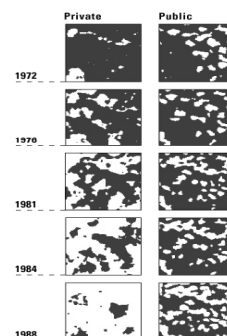


Figure 5.3
松柏科植物和其他私有和公有的森林類型之改變

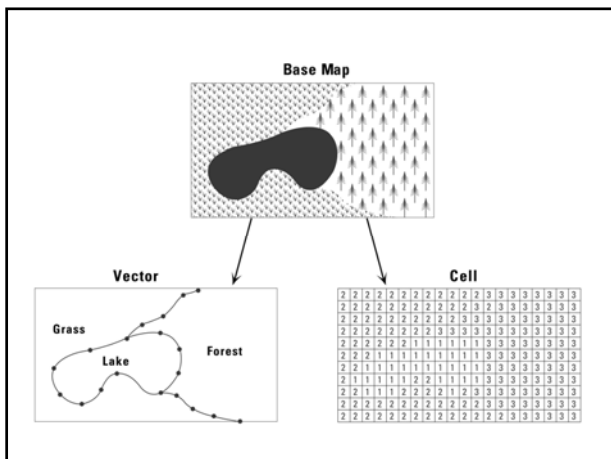
二、用於地景分析的使用資料

■ 地景分析所使用之資料來源：

1. 航空照片
2. 數位遙測
3. 出版的資料及普查
4. 野外地圖

■ 資料於電腦的儲存

- 儲存於GIS
- 兩種形式-向量及網格
- 資料的正確性：分析者難免使用取自不同來源的資料，它的品質應被了解。



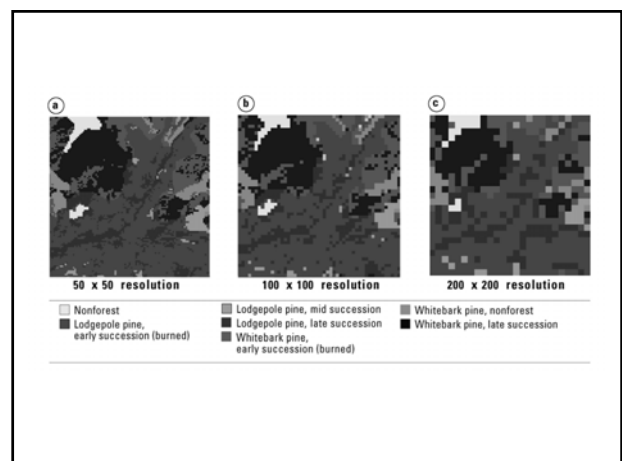
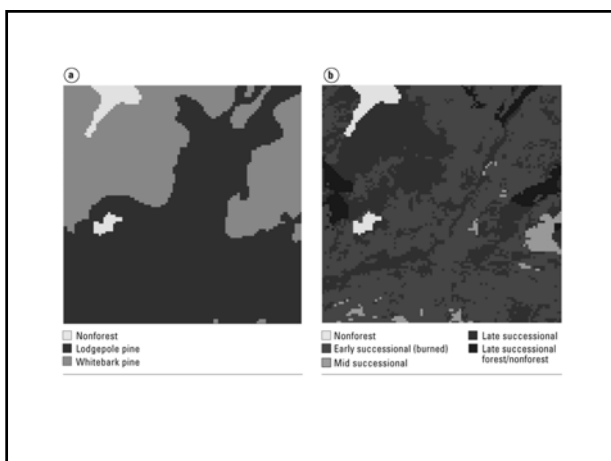
三、地景格局分析的解釋或首先讀此

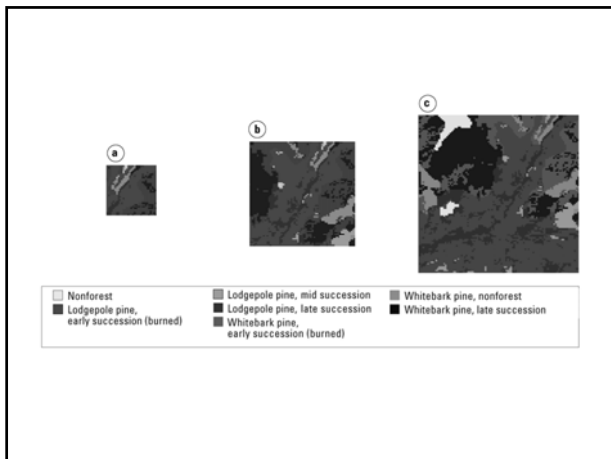
■ 屬性表的分類很重要

- 分類群的選擇不同，造成表示之不同

■ 尺度必須被定義

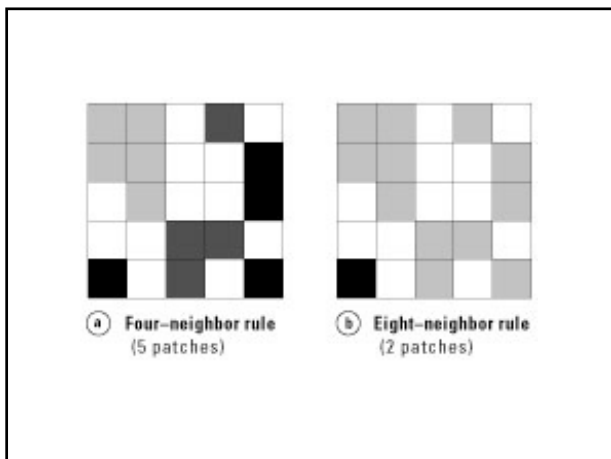
- 改變地圖的粒度：粒度增加，地覆種類減少
- 改變地圖的幅度：範圍太小可能使某一地區地覆的比例減少





鑑別一嵌塊

- Forman and Godron(1986)：嵌塊是和其周圍明顯不同之區域
- 包括四鄰規則和八鄰規則



大部分的矩陣是互相關聯的

- 測量尺度依觀察者在研究中的目的而定
- Ritter et al.(1995)確認五個獨立的測量尺度因子
 1. 地圖的分類數目或地覆類型
 2. 地景格局的特徵是細的或粗的
 3. 嵌塊的緊密或分散程度
 4. 嵌塊是線性的或平面的
 5. 嵌塊周緣形狀是複雜或簡單的

什麼構成有意義的變遷?

- 分析者要明確的考慮“尺度”，來決定觀察到的變遷是否有意義
- 在目前，建立一個蒐集經驗上生態作用和特定地景結構相關的研究資料庫是有需要的
- 我們能對地景格局的測量和報導力必定比比我們對其生態過程影響的解釋力多，所以測量尺度的應用和解釋必須精確

四、地景格局量化的矩陣

- 地景組成的矩陣
 - 地景組成的量化矩陣不一定是都和空間相關，它量測現況和相關的數量卻不參考它在地景中的位置
- 空間結構的量測
 1. 聚集度
 2. 以嵌塊為基礎的矩陣
 3. 碎形

(一)地景組成的矩陣

- 部分或所佔的比例
(Fraction or proportion occupied)

P_i =計算某一類別的網格數/全部網格數

i =第1~ s 種地覆， p =比例， p_i 期望值= $1/s$

Relative Richness
相關的豐富度

$$R = S/S_{\max} * 100$$

S =現有地覆種類， S_{\max} =可能最多的地覆種類(獨斷的或參可相似地景)

Diversity and Dominance
多樣性和優勢度

$$H = \frac{-\sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)}{\ln(s)}$$

H =歧異度， p_i =出現的比率，
 S =現有地覆種類

連接(Connectivity)

- 若一地景可用一連串的節點和連結線表示則

$$\gamma = L/L_{\max} = L/3(V-2)$$

L =線的數量， V =節點數

(二)空間結構的量測I：
聚集度(contagion)

- 相鄰的可能性(Probabilities of adjacency)

$$q_{i,j} = n_{i,j}/n_i$$

n_i =第 i 種地覆種類的數量

n_{ij} =當地覆類別 i 相鄰 j 時情況的數量

聚集度Contagion

$$C = \frac{1 + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s (P_{ij}) \ln(P_{ij})}{2 \ln(s)}$$

$P_{i,j}$ =兩隨機的相鄰像素是地覆類別 i 及 j ，
 $P_{ij} = P_i P_j / i$ ， s =現有地覆種類

空間結構的量測II: 以嵌塊為基礎的矩陣

■ 連接(Connectivity)

$$RS_i = LC_i / p_i * m * n$$

- LC_i =最大嵌塊體地覆種類， p_i =所佔比例， $m*n$ 給此大小之地景包含 m 列 n 行

相鄰(Proximity)

$$PX_i = \sum \frac{sk}{nk}$$

PX_i =第 i 嵌塊的隔離程度，且包含一具體距離， sk 是在緩衝(buffer)中嵌塊 k 的面積， nk 是在焦點上的嵌塊的網格和嵌塊 k 的最近的網格之間最相近距離

Area-Weight average patch size

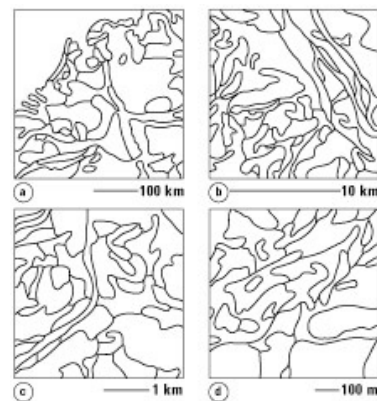
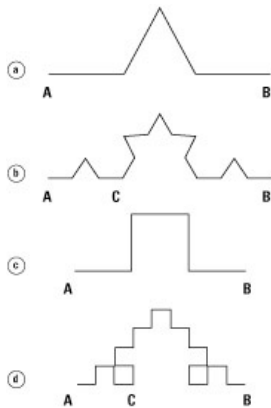
$$Sa = \frac{\sum (Sk^2)}{\sum (Sk)}$$

若有 n 個嵌塊在地景中， Sk 是第 k 嵌塊的大小

碎形(Fractals)

$$D = \log N / \log r$$

N =用來量測格局的一段長度量出的段數， r =尺度比例



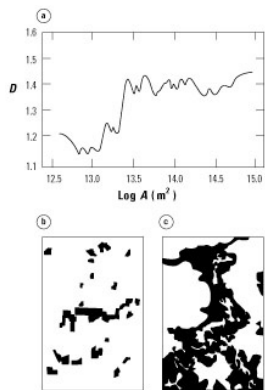


Figure5.11
(a)森林嵌塊的碎形維度，如同嵌塊大小的函數(b)說明小的嵌塊有簡單的形狀(c)大的嵌塊有複雜的形狀

碎形如同一個嵌塊形狀的量測

$A=(kP)^d$
A是面積，P是周長(or半徑,直徑)，k依P的量測不同而變的常數，d=碎形維度，而
 $d=\ln(A)/\ln(P)+\ln(k)$

地景格局分析之應用

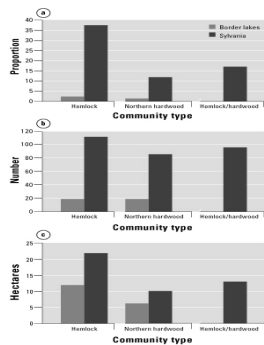
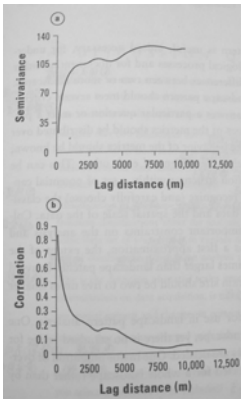
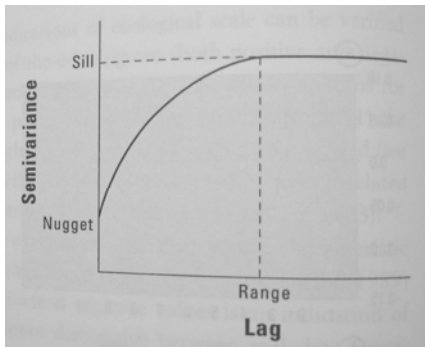
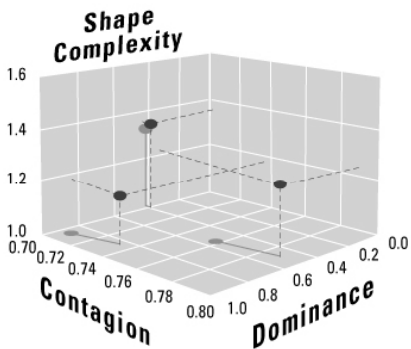


Figure5.12
三種森林型態所選用的地景矩陣(a)在地景中所佔比例(b)嵌塊體數目(c)平均嵌塊大小



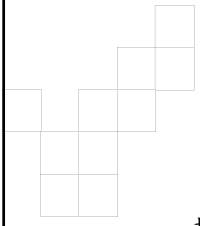
綜論

一個有效量化地景格局的矩陣，應該符合幾個標準：

- 矩陣的選擇必須為了回答特殊的問題或者符合特殊的目的
- 矩陣的量測價值應該在潛在價值的最大範圍裡被描述，並且矩陣的作用應該被知道
- 各指數彼此應該相對自主的

未來有三個主要的範圍是非常需要的：

- 矩陣的統計屬性和作用需要更好的瞭解
- 不同矩陣的相關敏感性的改變在地景是不被瞭解的
- 地景格局和生態過程的重要性在經驗上的關係必須有更好的證明



Chapter 6
Neutral Landscape Models

報告人：王明仁

2006/12/12

內容

- Random maps
- Maps with hierarchical structure
- Fractal landscapes
- Neutral models relating pattern to process
- General insights from the use of NLMs
- Summary

簡介

- 理想化的科學步驟

Hypotheses → Execution of Experiment design → Test hypotheses

(Platt, 1964; Quinn and Dunham, 1983)

簡介

- Hypothesis testing is characteristic of all experimentation. (Fisher, 1935)
- Null Hypothesis
 - Provides the required reference point against

簡介

- Landscape ecology have not relied as strongly on use the null hypothesis.
 - Variables too much
 - climate、terrain、soils、water availability、biota、natural disturbances
 - Unrepeatable

簡介


- How can null hypotheses be used in landscape studies ?
 - Random map
 - Lacks all factors

Random maps


7 / 38

- The simplest Neutral Landscape Models (NLMs)
 - Two-dimensional grid
 - Filled with 0's and 1's

P = 0.4



P = 0.6



$P \leq P_{\text{assign}}$ □

$P > P_{\text{assign}}$ □

2010/10/5

Random maps history

8 / 38

- Neutral model (Caswell, 1976)
 - Biological interactions
- Percolation theory (Stauffer, 1985)
 - The Gordon Conference at 1986
 - Aggregation and clustering in material system
 - Threshold
- Now

2010/10/5

Random maps example

9 / 38

- Early example
 - Use island biogeographic theory to examine community pattern (Simberloff, 1978)
- Current example
 - Bird assemblages in fragmented landscape (Sisk et al,1997)

2010/10/5

Random maps apply

10 / 38

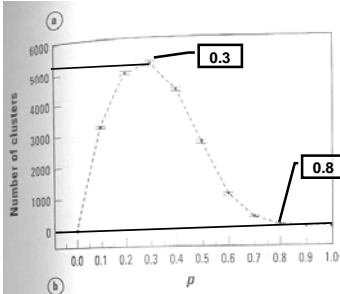
- Use MLMs in two categories (With and King, 1997)
- Determine the extent
 - Patch size 、 shape 、 connectivity...
- Predict biological processes
 - Animal movement 、 fire spread...

2010/10/5

Random maps

11 / 38

- Number of clusters - P
 - Four-neighbor (200x200) fig6.2



Number of clusters

p

0.3

0.8

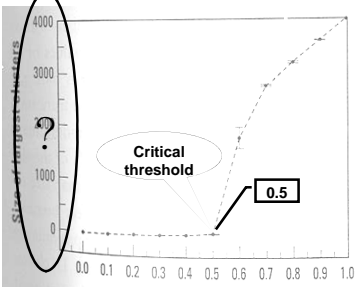
0 < p < 0.3
increase

2010/10/5

Random maps

12 / 38

- Size of largest clusters - P
 - Four-neighbor (200x200) fig6.2



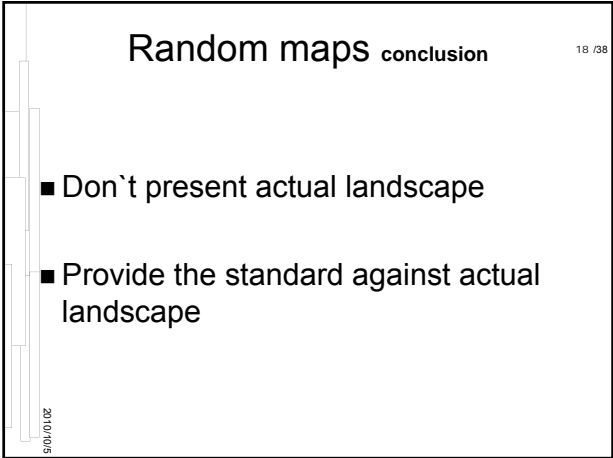
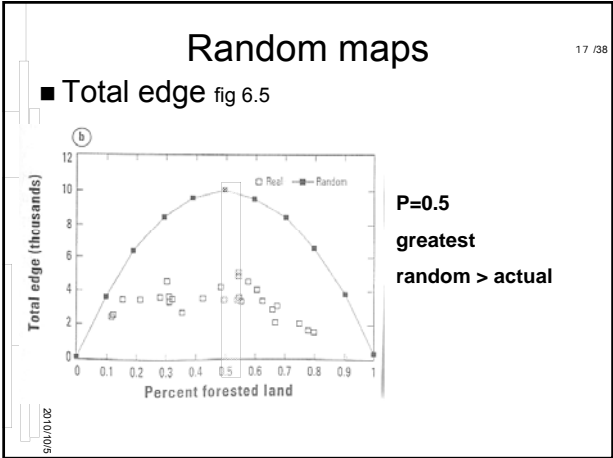
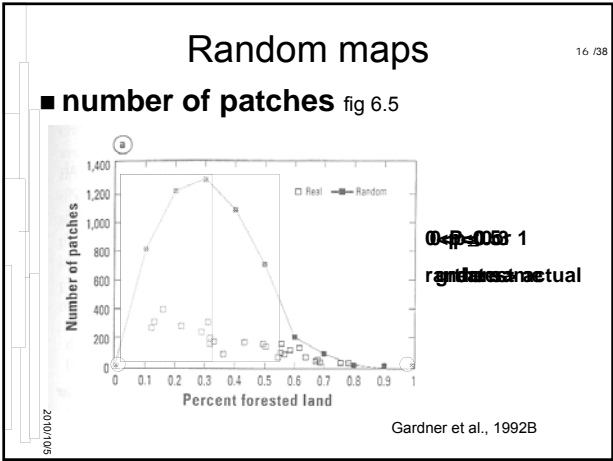
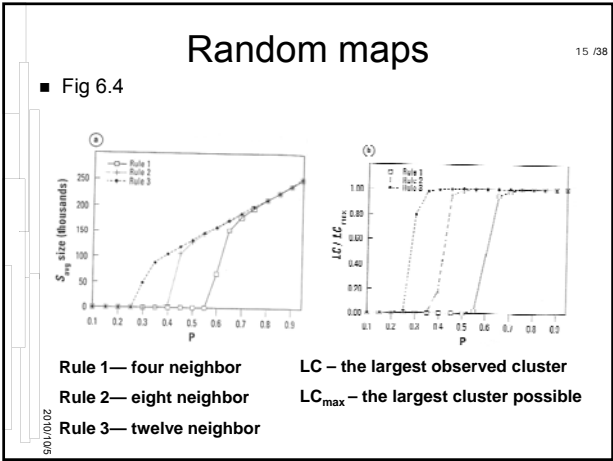
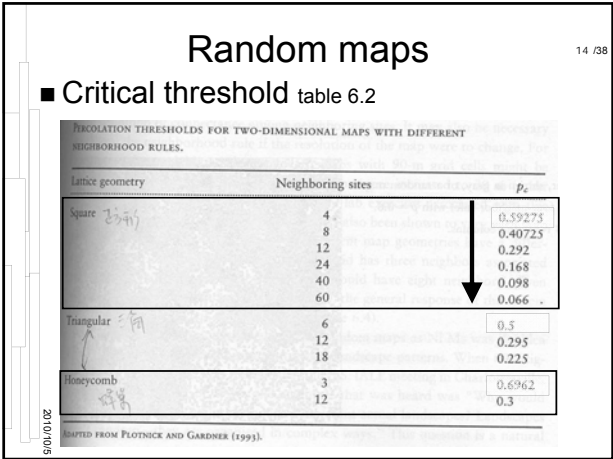
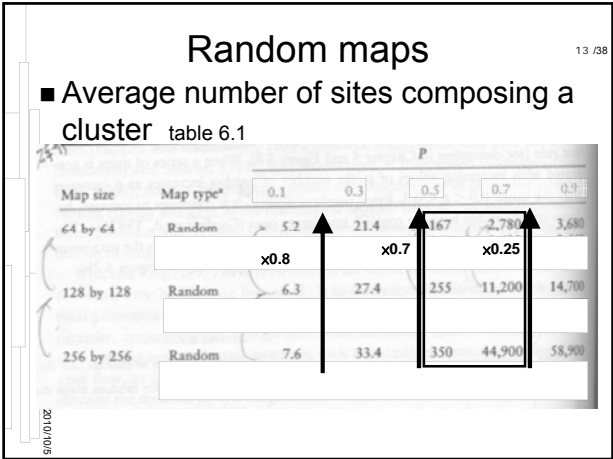
Size of largest clusters

p

0.5

Critical threshold

2010/10/5



Random maps conclusion

19 / 38

- The qualitative trends in pattern are similar
 - NLMs > Actual
 - Complex factors in actual landscape
- Metapopulation dynamics
 - Exist when $p < p_c$ (Critical threshold)

2010/10/5

Random maps conclusion

20 / 38

- Single population dominates dynamics
 - $p > p_c$
- Small changes near p_c result in large changes

2010/10/5

Maps with hierarchical structure

21 / 38

- Many landscape exhibit pattern that can be detected at multiple spatial scales.
- The contagion index can be used to control pattern at a single scale by producing varying degrees of habitat clumping.

2010/10/5

Maps with hierarchical structure

22 / 38

- Contagion index
 - $0 < C < 1$
 - $C \rightarrow 1$ clump
 - $C \rightarrow 0$ disperse

The probability that randomly chosen adjacent pixels belong to cover type i, j

$$C = \frac{1 + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s (P_{ij}) \ln(P_{ij})}{2 \ln(s)}$$

The number of cover types

2010/10/5

Maps with hierarchical structure

23 / 38

- A general and flexible method of generating NLMs with scale-dependent patterns
 - recursive procedures
- parameters to control the process
 - the number of hierarchical levels L
 - the size, m_i
 - probability, p_i

2010/10/5

Maps with hierarchical structure

24 / 38

- Hierarchical landscape

A.

$p_1 = 0.5$ $p_1 = 0.75$ $p_1 = 0.25$

Method for making a hierarchical neutral map.
Dashed lines indicate division randomly selected to contain habitat in hierarchical levels 1 and 2.
Shaded cells at the finest scale, level 3, contain suitable habitat.

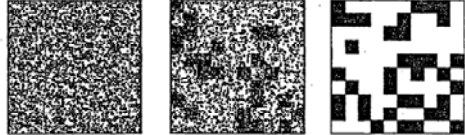
2010/10/5

Maps with hierarchical structure

conclusion

- $p_i > p_c$
 - Fewer clusters
 - More aggregated

B. Random Slightly Clumped Highly Clumped



Examples of three maps produced using (A) method. Each map has $P = 0.375$.

Fractal landscapes

- Most landscapes are composed of multiple habitat or land-cover types.
 - Wetlands and riparian forest are usually associated with rivers and flood-plain.
- Habitat characteristics vary with elevational gradients, many landscapes with multiple cover types are characterized by a strong autocorrelations between habitat types.

Fractal landscapes

- NLMs + fractal
 - Generate topographic map
 - Slicing the topography
 - Assign ordinal

Fractal landscapes

■ Fig 6.7

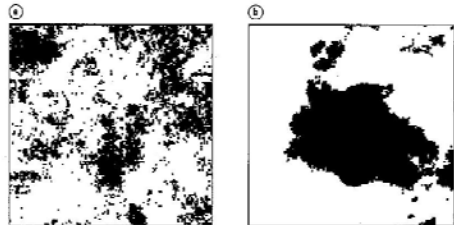


FIGURE 6.7. Two examples of fractal maps with (a) $H = 0.2$ and (b) $H = 0.8$. Each map has 128 rows and columns, and the value of p (shaded cells) for each landscape type equals 0.33.

Fractal landscapes

- Average number of sites composing a cluster.
 - Table 6.1

Map size	Map type ^a	P				
		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
64 by 64	Random	5.2	21.4	167	2,780	3,680
	$H = 0.2$	124	574	1,360	2,620	3,660
	$H = 0.8$	216	908	1,760	2,760	3,670
128 by 128	Random	6.3	27.4	255	11,200	14,700
	$H = 0.2$	482	2,140	5,600	10,500	14,600
	$H = 0.8$	1,110	3,720	7,160	11,100	14,700
256 by 256	Random	7.6	33.4	350	44,900	58,900
	$H = 0.2$	1,760	9,190	21,800	42,200	58,600
	$H = 0.8$	4,450	15,000	28,400	44,300	58,800


Fractal landscapes

- Application
 - The degree of spatial dependence of actual landscapes
 - The effect of landscape fragmentation on patterns of population distribution
 - The effect of spatial contagion on dispersal success
 - The projection of potential distributions of cesium contamination in aquatic environment

Fractal landscapes

31 /38

- cesium contamination



Neutral maps of semicontinuous values of ^{137}Cs contamination in a Tennessee reservoir. These fractal maps were produced using a model of fractional Brownian motion in a two-dimensional random walk. The map FRAC01 has little or no spatial autocorrelation. FRAC50 has moderate levels, and FRAC75 has high levels of autocorrelation. Darker areas have lower levels of contamination; light areas are highly contaminated.

2010/10/5

Neutral models relating pattern to process

32 /38

- NLMs with dynamic ecological models allows insight into the relationships between pattern and process within heterogeneous landscapes.
- Disturbance dynamics + NLMs
- Limited by imagination
- Economic precursor

2010/10/5

General insights from the use of NLMs

33 /38

- Two most important lesson
 - Variation in the amount of habitat
 - Threshold
 - Small change in P near P_c can cause dramatic changes

2010/10/5

General insights from the use of NLMs

34 /38

- Others
 - Map dimensions
 - 64×64 - 256×256
 - Patch structure
 - Simple > hierarchical - fractal
 - Thresholds of the connectivity
 - Variety of P_c
 - Connectivity and scale
 - Larger neighborhoods \rightarrow lower threshold

2010/10/5

General insights from the use of NLMs

35 /38

- Misuses in the use NLMs
 - Agreement of a NLMs with a set of observations is not proof that the NLMs is true.
 - The lack of agreement between an NLM and a set of observations does not prove that the exclude processes are responsible for the observed pattern
 - Directly applicable
 - Misunderstanding

2010/10/5

Summary

36 /38

- Does not intend to represent actual landscapes.
- Results of these studies have been helpful for exploring the implications

2010/10/5

Summary

37 / 38

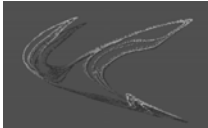
- Economical and easy means.
- Development theoretical landscape ecology

2010/10/5

Thanks for your attention

2010/10/5

39 / 38



2010/10/5

Fractal landscapes

40 / 38

- Fractal Brownian motion Brownian motion
 - Move in one dimension X_t
 - Distance from previous step $(X_{t+1} - X_t)$

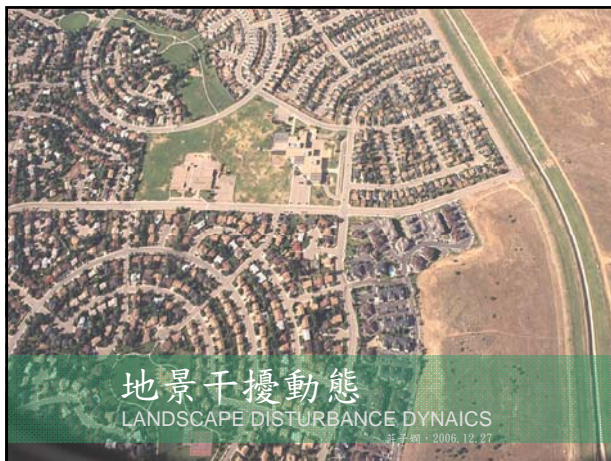
2010/10/5

Fractal landscapes

41 / 38

- Real landscapes frequently have gradients rather than abrupt changes in habitat suitability.
- Fractal Brownian motion

2010/10/5



前言

- ▶ 生態學家逐漸認同干擾是自然過程及生態群落中異質性的來源。
- ▶ 干擾創造格局，且是許多生態和地景裡不可缺少的重要部分。
- ▶ 干擾形成的因素、格局、動態和結果已經是地景生態學重要研究的論題。

2

干擾

- ▶ **干擾(disturbance)**
定義為一個中斷生態系、群落或族群的結構，並且改變可利用的資源或自然環境的相對不連續的事件。
- ▶ **干擾種類發生的時間長短**
颶風或龍捲風(幾個小時到幾天)
火災(幾個小時到幾個月)
火山爆發(幾天或幾個月)
- ▶ **干擾的來源**
非生物的(颶風、龍捲風、火山爆發)
生物的(外來有害物種的蔓延、病原體傳播)
非生物和生物(火災需要適合的條件去點燃和燃燒(非生物)，也需要適當的燃燒來源(生物))

3

干擾機制

- ▶ **干擾機制(disturbance regime)**
是指干擾在一長時間裡空間裡空間或時間動態。
- ▶ **Wu and Levin(1994)**
對地景生態學方面對干擾提出概念性的架構，包含的特性有干擾的空間分布、干擾頻率、重複發生的期間、循環週期以及干擾的規模、強度和嚴重性。

4

干擾機制組成因素的定義

- ▶ **頻率(Frequency)**
每一段時間內事件發生的平均值或中位數，經常用於干擾的可能性。
- ▶ **強度(Intensity)**
每段時間的一個地區事件的自然力量，例如火災釋放的熱或暴風雨的風速。
- ▶ **殘存(Residuals)**
干擾事件存活的有機體或繁殖體，又稱為生物遺產(biotic legacies)，嚴重性的量測工具，可以作為強度的指標。
- ▶ **重複發生的時間(Return interval)**
干擾之間平均數或中位數的時間，頻率的相反(例如多久時間發生一次干擾)，變動也許是重要的，因為會影響可預測性。

干擾機制組成部分的定義

- **循環週期(Rotation period)**
干擾事件明確地確定於研究的地區所需要的平均時間。
- **嚴重性(Severity)**
干擾事件對有機體、群叢或生態系的影響效果；與強度密切相關，因為愈強烈的干擾通常是越嚴重的。
- **規模(Size)**
被干擾的範圍，能夠被陳述為每次事件的平均範圍，每段時間間隔的範圍、或某些研究區域每段時間間隔的百分比。

6

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

塊區的動態

① Spatial and Temporal Changes of a Single Patch of a Site

Time 1
stable patch of open area

Time 2
highly variable patch of open area

Time 3
stable patch of open area

Cumulative Change
after clearing
highly variable
patch of open area

② Spatial and Temporal Changes of Multiple Patches of a Site

Time 1
stable and equally variable patches of open area

Time 2
highly variable patches of open area

Time 3
stable and equally variable patches of open area

Cumulative Change
after clearing
highly variable
patch of open area

▶ 從時間變化上可以解釋，塊區形成的原因在於干擾的頻率、強度、規模、形狀方面。

7

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

地景對干擾格局的影響

▶ 地景位置(landscape position)
指的是某區域在地形上的位置，包含了相對海拔高、地形、坡度、和坡向

▶ 地景中各式各樣的空間位置對干擾有不同的敏感性嗎？我們是否能夠預測哪個地區對某特定類型的干擾是特別敏感或不敏感？

▶ 在特定地景位置的地點對干擾的敏感性的評估，可以利用比較在一個地景中很多地方發生特定干擾的機率或頻率。

8

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

地景對干擾格局的影響

▶ 當干擾具有明顯的方向性時(例如颶風軌跡)，干擾會受地景位置的影響。

▶ 如果干擾並無空間上的方向性，或是足夠劇烈，則擴展範圍是不受地景差異的影響，納地景位置也不影響干擾的敏感性。

10

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

理論的發展

▶ 了解空間異質性如何影響干擾的空間擴展範圍，已經是地景生態研究的焦點。

▶ 從理論和實證的研究暗示我們無法歸納出是否地景格局總是增強或減弱干擾擴展，但是對干擾擴展範圍的潛在影響可能是存在的。

10

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

理論的發展

▶ Franklin and Forman 利用簡單的幾何圖形模式在不同伐木格局下去估算嵌塊體面積、嵌塊體數量和邊界長度，且不考慮時間動態(如演替)。

11

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

理論的發展

▶ (a)風災、(b)火災、(c)害蟲與病菌對森林地景塊區敏感性和造成地景消失面積的分析。

12

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

理論的發展

Percent Habitat Disturbed

Disturbance Frequency (f)

p = 0.01

p = 0.05

Probability of Spread (p)

Low Moderate High

Disturbance Frequency (f)

Low Moderate High

- ▶ p: 地景中敏感區所佔的比例
- ▶ f: 敏感區中發生干擾的機率
- ▶ i: 相同生育地中，干擾擴展至鄰近區域的機率
- ▶ 當D小於連接度臨界時，生育地發生干擾的比例大多受f的影響，而不受i影響。

13

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

研究的經驗

1. Quebec 2. Ontario 3. Manitoba 4. Saskatchewan

5. Forest tent caterpillar 6. Non-forest

- ▶ (a) 加拿大安大略省Forest tent caterpillar發生的時間與森林和地景架構有關。
- ▶ (b) 麥克佛森州北海灣區森林(深綠色)和非森林(白色)的分布。
- ▶ (c) 全部地區中261個小區邊緣密度異質性與Forest tent caterpillar爆發時間的關聯。
- ▶ (d) 棲地異質性爆發在8個森林地區內影響的時間。

14

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

研究的經驗

(a) High fuel moisture (b) Low fuel moisture (c) Very low fuel moisture plus wind

Low flammability High flammability Burned Ignition

- ▶ (a) 潮濕
- ▶ (b) 乾燥
- ▶ (c) 很乾燥加上風勢
- ▶ 在氣候條件與地景格局的交互作用，發生大規模的樹冠火。

15

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

干擾對地景格局的影響

- ▶ 1988年從空中觀察黃石公園火災自然熄滅之後不久，所產生的地景嵌塊體。

16

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

干擾對地景格局的影響

Hurricane 1988 (Bitter England)

Volcano (Mount St. Helens)

Fire (Yellowstone National Park)

Flood (Mississippi River)

- ▶ 1938年 新英格蘭爆發颶風
- ▶ 1988年 黃石國家公園火災
- ▶ 1980年 聖海倫火山爆發
- ▶ 1985年 賓西法尼亞的龍捲風
- ▶ 1993年 密西西比河洪水氾濫
- ▶ 最大干擾地區(黑色)
- ▶ 較小干擾強度(灰色)

17

地景干擾動態 LANDSCAPE DISTURBANCE DYNAMICS

干擾與空間格局的連續性

Disturbance size

Disturbance frequency

Disturbance intensity

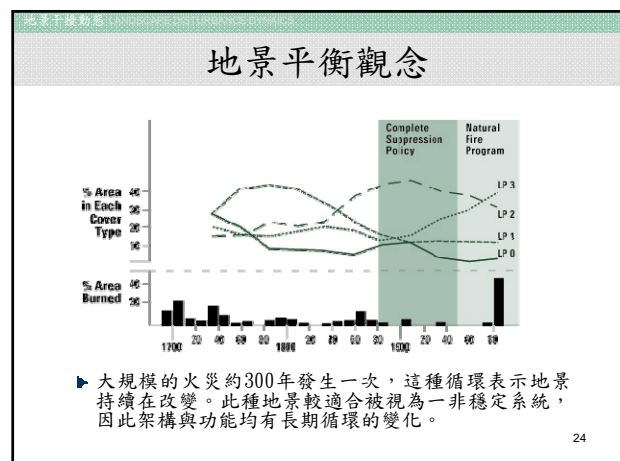
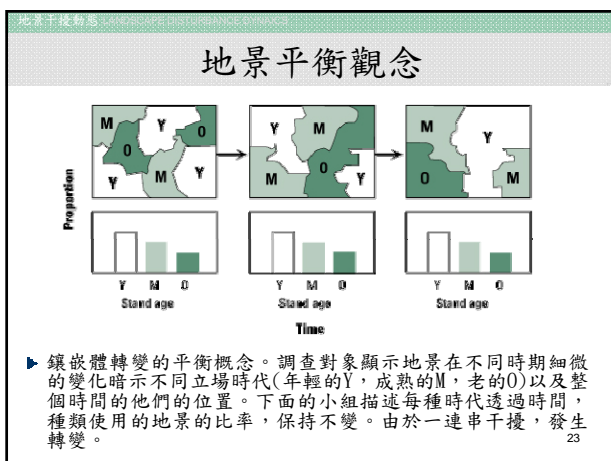
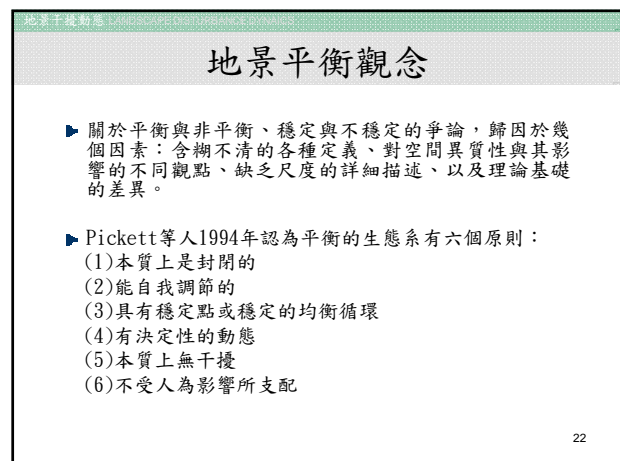
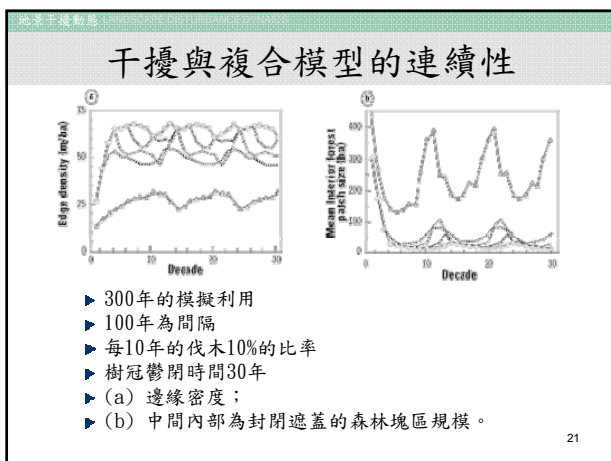
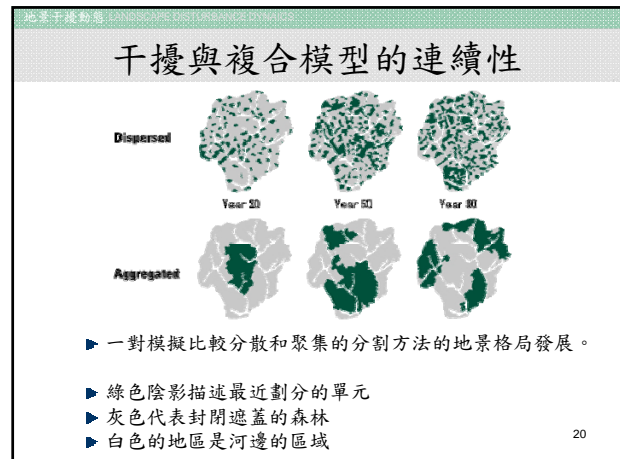
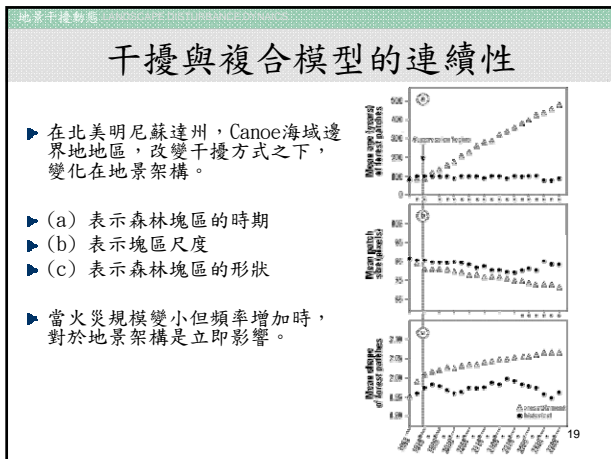
- ▶ 狀態A 連續可預測
- ▶ 狀態B 最初較少的預測連續性，重要的空間動態
- ▶ 狀態C 最初較少的預測連續性，新的可能連續路徑
- ▶ 隨著干擾規模、強度、頻率的改變，狀態-空間圖有不同的解釋。

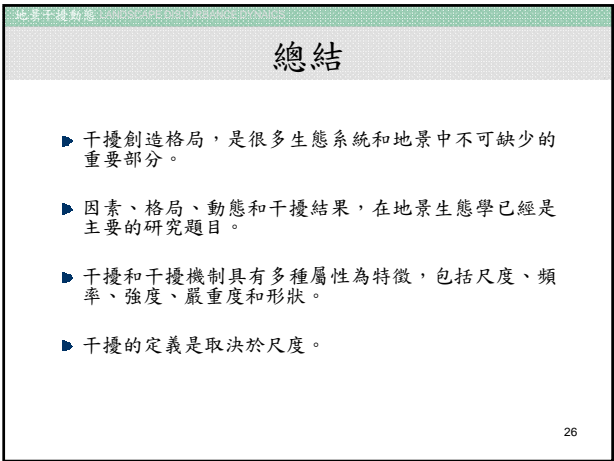
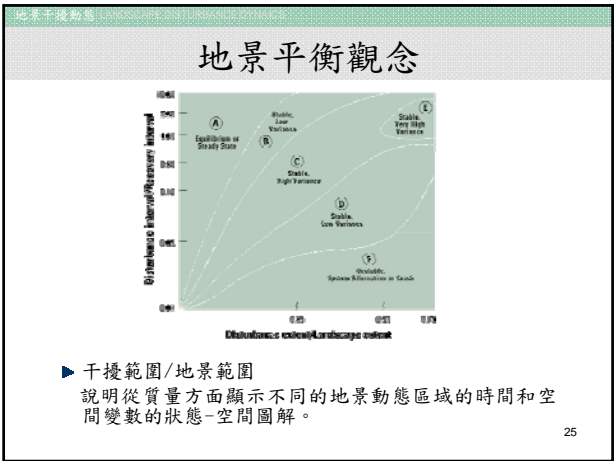
State A: Succession predictable

State B: Succession initially less predictable, spatial dynamics important

State C: Succession initially less predictable, novel successional pathways possible

18





空間生態報告

CHAPTER11

結論與未來方向

報告者:黃俊凱

- 人口指數曲線的成長，導致地球生態系戲劇性的改變
- 地景變遷加速
 - (1) 地球自然資源的變質
 - (2) 沒有受干擾的生態系破碎化，凡此有許多不同領域的科學家皆在研究這些大尺度的環境改變。

- 地景生態學是一個整合且整體的領域，是一個新的觀念、理論與方法，其注重空間的格局，格局與過程交互作用而造成生態系的動態狀況。

- 地景生態學是生態學內一個組織很好的次領域，是跨領域的研究與應用，本書強調
 1. 目前引起空間格局的生態原因
 2. 空間格局對生態過程的影響
 3. 在時間歷程裏格局與過程如何改變

- 本書雖然經營保育與設計方面有些討論，但主要卻在強調生態學的生態組成。描述出未來研究的方向。

- 在此提出直接提供地景生態學的發展。

- 首先，地景生態學清楚地指出空間異質性 (spatial heterogeneity) 是廣泛影響格局與過程。生態學家認為空間格局是影響生態反應的潛在因子，無論是研究個體生物、族群（種群）、群叢或整個生態系皆然；除此之外，尺度也會影響。由廣大空間範圍來了解生態格局與過程是必要的，地景生態學對所有的生態學發展是相當有貢獻的。

- 綜合出針對廣大尺度的生態動態，尤其強調生物歧異度。

- 於此，擴展此觀念去考量地景生態學廣泛的貢獻。如下所列

- (1) 當今地景複雜的格局，是導因於許多因素，如：非生物區塊的變異、生物交互作用、自然的干擾和人類居住、土地使用的現在與過去格局。
- (2) 在生態研究裏，沒有所謂正確的尺度，但在使用尺度需要非常小心，如均衡 (equilibrium)、物種的存在 (species persistent) 而是與尺度有關的。

- (3) 有許多模式可供描述地景格局，但只用一種模式來描述地景往往是不夠充足的。然而，目前尚沒有一種標準的方法來決定有多少或哪個模式應被納入。
- (4) 有機物是由空間格局所影響，但涉及到格局—過程的有機物，往往與尺度有關，需要由有機體為基礎的觀點來看。

- (5) 干擾 (disturbance) 創造且反應地景的異質性，然而，地景可能強制影響干擾範圍的移動。
- (6) 自然干擾對生物歧異度和生態功能有相當重要的影響。
- (7) 族群或同功群 (guild) 可能產生對生態系過程和格局重要的回饋。

- (8) 陸域或水域生態系的生態系功能會受地景所在位置的影響。
- (9) 地景元素為養分的源或匯，且由陸域生態系移動到水域生態系。
- (10) 人口數的影響（如造成土地使用的改變）可能是大尺度範圍生態動態的主要因素。

研究的方向

- 目前研究與土地經營的趨勢，顯示景觀生態的地景問題仍有許多進展的空間。

- 未來這一世紀，什麼是推估研究的遠景？雖然對未來研究方向做預測，總是有風險，但吾人仍努力地列出最有潛能、最具刺激的研究方向和地景生態學家的挑戰。

- 1. 空間異質性與生態過程
- 2. 有關生態系過程的地景
- 3. 門檻值、非線性和尺度的規則
- 4. 有機體與生態系在空間的回饋作用
- 5. 大尺度改變的原因與結果
- 6. 取樣

- 綜合言之，這些研究的方向將繼續，Wiens(1999)對地景生態學所提的四個地景生態學的主題。
- 空間變異(spatial variation)
- 尺度推譯(scaling)
- 邊界(boundaries)
- 流(flows)

- 我們期望地景生態學的研究將繼續完成，經由不同層級的研究成果來綜合了解，我們也希望生態系統空間外顯的觀點，將促進在生態系傳統邊界的整合。舉例說：若有機會去改善族群動態與生態系過程間的邊界。

